

مقدمة قصيرة جدًّا

الثورة العلمية

لورنس إم برينسيبيه

الثورة العلمية

الثورة العلمية

مقدمة قصيرة جدًّا

تأليف
لورنس إم برينسيبيه

ترجمة
محمد عبد الرحمن إسماعيل

مراجعة
شيماء عبد الحكيم طه



الثورة العلمية

لورنس إم برينسيبيه

The Scientific Revolution

Lawrence M. Principe

الطبعة الأولى ٢٠١٤م
رقم إيداع ٢٠١٣/٢١٢٩٨
جميع الحقوق محفوظة للناشر مؤسسة هنداوي للتعليم والثقافة
المشهرة برقم ٨٨٦٢ بتاريخ ٢٦ / ٨ / ٢٠١٢

مؤسسة هنداوي للتعليم والثقافة
إن مؤسسة هنداوي للتعليم والثقافة غير مسئولة عن آراء المؤلف وأفكاره
وإنما يعبِّر الكتاب عن آراء مؤلفه
٥٤ عمارات الفتح، حي السفارات، مدينة نصر ١١٤٧١، القاهرة
جمهورية مصر العربية
تليفون: ٢٢٧٠٦٣٥٢ ٢٠٢ + **فاكس:** ٣٥٣٦٥٨٥٣ ٢٠٢ +
البريد الإلكتروني: hindawi@hindawi.org
الموقع الإلكتروني: http://www.hindawi.org

برينسيبيه، لورنس إم.
الثورة العلمية: مقدمة قصيرة جدًّا/تأليف لورنس إم برينسيبيه.
تدمك: ٩٧٨ ٩٧٧ ٧١٩ ٥٣٦ ٢
١-الحضارة الأوروبية
أ-العنوان
٩٣٦

تصميم الغلاف: إيهاب سالم.

يُمنَع نسخ أو استعمال أي جزء من هذا الكتاب بأية وسيلة تصويرية أو إلكترونية أو ميكانيكية، ويشمل ذلك التصوير الفوتوغرافي والتسجيل على أشرطة أو أقراص مضغوطة أو استخدام أية وسيلة نَشْر أخرى، بما في ذلك حفظ المعلومات واسترجاعها، دون إذنٍ خطي من الناشر.

نُشر كتاب **الثورة العلمية** أولًا باللغة الإنجليزية عام ٢٠١١. نُشرت هذه الترجمة بالاتفاق مع الناشر الأصلي.

Arabic Language Translation Copyright © 2014 Hindawi Foundation for Education and Culture.
The Scientific Revolution
Copyright © Lawrence M. Principe 2011.
The Scientific Revolution was originally published in English in 2011.
This translation is published by arrangement with Oxford University Press.
All rights reserved.

المحتويات

شكر وتقدير

أود أن أشكر أصدقائي وزملائي الذين قرءوا مخطوطة هذا الكتاب كلها أو بعضها وعلَّقوا عليها، أو الذين تناقشتُ معهم وعبَّرت لهم عن قلقي بشأن صعوبة حصر «الثورة العلمية» في كتاب موجز كهذا، وأخص منهم باتريك جيه بونر، وإتش فلوريس كوهين، وكيه دي كونتز، ومارجريت جيه أوسلر، وجيانا بوماتا، وماريا بورتوندو، ومايكل شانك، وجيمس فولكيل. وأود أيضًا أن أشكر الأشخاص الذين زودوني بالصور الخاصة بهذا الكتاب؛ وهم: جيمس فولكيل من «مؤسسة التراث الكيميائي»، وإيرل هافنز وزملاؤه بقسم المجموعات الخاصة بمكتبات شريدان في جامعة جونز هوبكنز؛ وديفيد دبليو كورسون وزملاؤه بقسم المجموعات المخطوطة والنادرة بمكتبة كروش في جامعة كورنيل.

وبصفة خاصة، أود أن أتذكر هنا حواراتي الكثيرة مع زميلتي وصديقتي ماجي أوسلر عن كيفية كتابة تاريخ العلم في الفترة الحديثة المبكرة. لقد جعلتْ وفاتُها المبكرة العالَم أكثر بؤسًا وأقل مرحًا؛ وتخليدًا لذكراها أهدي هذا الكتاب.

مقدمة

في أواخر عام ١٦٦٤، ظهر مذنَّب لامع في السماء، وكان المراقبون الإسبان هم أول من لاحظ قدومه، لكن على مدى الأسابيع التالية — مع تزايده في الحجم والسطوع — التفتت الأنظار في جميع أنحاء أوروبا إلى هذا المشهد السماوي. وفي إيطاليا، وفرنسا، وألمانيا، وإنجلترا، وهولندا وأماكن أخرى — وحتى في المخافر الأمامية والمستعمرات الناشئة التابعة لأوروبا والواقعة في الأمريكتين وآسيا — تعقَّب المراقبون وسجَّلوا تحركات المذنَّب وتغيراته، وأخذ بعضهم قياسات دقيقة، واختلفوا بشأن قياسات حجم المذنب وبُعده، وما إذا كان مساره في السماء منحنيًا أم مستقيمًا. وقد راقبه البعض بالعين المجردة، واستخدم البعض الآخر أدوات مثل التليسكوب، وهو اختراع كان قد خرج إلى الوجود منذ نحو ستين عامًا فقط. حاول البعض أن يتنبأ بتأثيرات ذلك المذنب على الأرض، وعلى الطقس، وعلى سلامة الهواء، وعلى صحة الإنسان، وعلى شئون البشر ومصائر الدول. رأى البعض فيه فرصة لاختبار أفكار فلكية جديدة، بينما رآه البعض الآخر نذيرًا أو بشيرًا إلهيًّا، ورأى فيه الكثيرون الأمرين معًا. وتدفَّقت الكتيِّبات من المطابع، وظهرت المقالات والآراء الجدلية في النشرات الدورية المخصصة للظواهر الطبيعية، وتناقش الناس بشأنه في الأكاديميات وبلاط الأمراء، وفي المقاهي والحانات، بينما تنقلت الرسائل المليئة بالأفكار والبيانات جيئةً وذهابًا بين المراقبين البعيدين بعضهم عن بعض، مما نسج شبكات اتصال عبر الحدود السياسية والعقائدية. شاهدت أوروبا كلها هذا المشهد الطبيعي واجتهدت في سبيل فهمه والتعلم منه.

وهكذا يقدِّم ذلك المذنَّب — الذي ظهر عامي ١٦٦٤ و١٦٦٥ — مثالًا واحدًا فقط عن الوسائل التي أعطى من خلالها الأوروبيون في القرن السابع عشر اهتمامًا كبيرًا للعالم الطبيعي من حولهم، وتفاعلوا معه ومع بعضهم البعض. وبإنعام النظر من خلال

التليسكوبات الآخذة في التطور، تمكنوا من رؤية عوالم هائلة جديدة؛ أقمار لم يكونوا يحلمون بها حول كوكب المشتري، وحلقات كوكب زحل، وعدد لا حصر له من النجوم الجديدة. وباستخدام ميكروسكوبات جديدة أيضًا، تمكنوا من رؤية التفاصيل الدقيقة لإبرة النحلة، وتكبير صورة البرغوث إلى ما يماثل حجم الكلب، واكتشفوا حشودًا لم يكونوا يتخيلونها من الحيوانات الدقيقة في الماء، والخل، والدم، والمني. وباستخدام المشارط، أماطوا اللثام عن التراكيب الداخلية للنباتات والحيوانات وللبشر أيضًا. وباستخدام النار، تمكنوا من تحليل مواد طبيعية إلى مكوناتها الكيميائية، وتركيب مواد معروفة للحصول على مواد جديدة. وباستخدام السفن، أبحروا إلى أراضٍ جديدة، وعادوا بتقارير مذهلة وعيِّنات عجيبة من نباتات، وحيوانات، ومعادن، وبشر. وابتكروا نظمًا جديدة لتفسير العالم وتنظيمه، وأحيوا نظمًا قديمة مع استمرار الجدال بشأن مميزات كل منها. وبحثوا عن الأسباب والمعاني والرسائل الكامنة في العالم، وعن آيات الله الخالق الباقي في الكون، وعن وسائل للتحكم في العوالم التي اكتشفوها وتطويرها، والاستفادة منها باستخدام كلٍّ من التكنولوجيا الحديثة والمعرفة القديمة المستترة.

والثورة العلمية — التي امتدت تقريبًا من عام ١٥٠٠ إلى عام ١٧٠٠ — هي أهم حقبة في تاريخ العلم وأكثرها شهرةً بين الناس. سَلْ عشرة من المتخصصين في تاريخ العلم عن طبيعة تلك الفترة ومدتها وتأثيرها؛ ومن المرجح أن تحصل على خمس عشرة إجابة. يرى البعض تلك الثورة العلمية على أنها انطلاقة مفاجئة من عالم القرون الوسطى؛ وقت أصبحنا فيه جميعًا (الأوروبيين على الأقل) «عصريين». ومن هذا المنظور، يعد القرنان السادس عشر والسابع عشر ثوريَّيْن حقًّا. حاول آخرون أن يصفوا الثورة العلمية بأنها مخيبة للآمال، وأنها لا تعدو أن تكون نسجًا كاذبًا لأحداث الماضي. مع ذلك، يميز الدارسون الأكثر وعيًا في أيامنا هذه أوجهَ الاستمرارية العديدة والمهمة بين العصور الوسطى والثورة العلمية، لكن من دون إنكار أن القرنين السادس عشر والسابع عشر أعادا العمل وارتكزا على تراث العصور الوسطى بطرق جوهرية ومذهلة. والحقيقة أن «الثورة العلمية» — التي كثيرًا ما تُسمَّى الآن «الفترة الحديثة المبكرة» — كانت عصرًا من الاستمرارية والتغيير معًا. ولقد شهدت زيادة ملحوظة في عدد الأشخاص الذين يطرحون أسئلة عن العالم الطبيعي، وتزايدًا في ظهور إجابات جديدة عن تلك الأسئلة، وتطوُّرَ طرقٍ جديدة للحصول على الإجابات. ويشرح هذا الكتاب بعض الطرق التي تصوَّرها مفكرو الفترة المبكرة من العصر الحديث وانشغلوا بمقتضاها بالعوالم من حولهم، وماذا وجدوا

فيها، وما الذي كانت تعنيه لهم. ويوضِّح في إيجاز كيف أرسوا العديد من الأسس التي لا تزال تشكل أساس المناهج والمعرفة العلمية، وجدُّوا في حل الأسئلة التي لا تزال تشغل بالنا، بل وشكَّلوا عوالم ثرية بالجمال والآمال كثيرًا ما غفلنا عن كيفية النظر إليها.

الفصل الأول

عوالم جديدة وعوالم قديمة

قامت إنجازات الفترة الحديثة المبكرة على الأسس الفكرية والمؤسَّسية التي وُضعت في العصور الوسطى. والكثير من الأسئلة التي اجتهد المعاصرون الأوائل من أجل الإجابة عنها قد طُرحت في العصور الوسطى، فضلًا عن أن الكثير من الوسائل المستخدمة في الإجابة عنها هي نتاج عمل الباحثين في العصور الوسطى، إلا أن الدارسين المعاصرين الأوائل مالوا إلى الحط من شأن تلك الفترة، فزعموا أن أعمالهم جديدة بالكامل، رغم الحقيقة القائلة إن ما احتفظوا به وما اعتمدوا عليه من الأعمال القديمة لا يقل عما استبعدوه أو أعادوا توفيقه ليناسب العصور المتغيرة. ولم تحدث التغيرات المميزة بين العصور الوسطى وبين الفترة الحديثة المبكرة — سواء أكانت فكرية أو تكنولوجية أو اجتماعية أو سياسية — في الوقت نفسه عبر أوروبا. بدرجة واضحة، كانت التطورات «الحديثة» في مجالات مثل الطب والهندسة والأدب والفن والشئون الاقتصادية والمدنية قد ترسخت تمامًا في إيطاليا قبل وقت طويل من ظهورها في الأجزاء الأكثر تطرفًا من أوروبا مثل إنجلترا. بالمثل، حدثت فترات التطور في أزمان مختلفة وبسرعات مختلفة في الفروع العلمية المختلفة. وكانت الفترة من عام ١٥٠٠ إلى عام ١٧٠٠ تقريبًا — ولتسمِّها ما تشاء — نسيجًا غنيًّا بالأفكار والتيارات المتشابكة، وسوقًا صاخبة من الأنظمة والمفاهيم المتنافسة، ومعملًا مزدحمًا بالتجارب في جميع مجالات الفكر والممارسة. وتشهد النصوص المتتابعة من تلك الفترة على الإثارة التي كان يشعر بها المؤلفون تجاه عصورهم. ولن يكفي عنوانٌ أو كتاب أو باحث أو جيل واحد لفهم هذه الفترة في المجمل. ولكي نبدأ في فهمها وفهم أهميتها، يلزمنا أن نلقي نظرة عن كثب على ما حدث بالفعل حينئذ وسبب حدوثه.

ويتطلب فهم الثورة العلمية أولًا فهم خلفيتها في العصور الوسطى وعصر النهضة الأوروبية، فقد شهد القرن الخامس عشر على وجه التحديد تغيرات جوهرية في المجتمع الأوروبي، واتساعًا هائلًا في آفاق أوروبا بالمعنيين الحرفي والمجازي، وعملت أربعة أحداث أو حركات رئيسة بشكل أساسي على إعادة تشكيل العالم للشعوب التي عاشت في القرنين السادس عشر والسابع عشر؛ وهي: ظهور الحركة الإنسانية، وظهور الطباعة بالحروف المتحركة، واكتشاف «العالم الجديد»، ومحاولات الإصلاح في الديانة المسيحية. ومع أن هذه التغيرات ليست تطورات علمية تمامًا، فإنها أعادت تشكيل العالم لمفكري تلك الفترة.

النهضة الأوروبية وأصولها من العصور الوسطى

إن لفظ «عصر النهضة الإيطالية» غالبًا ما يعيد إلى الأذهان روائع الفن والعمارة التي أبدعتها شخصيات بارزة مشهورة مثل ساندرو بوتيتشيلي، وبييرو ديلا فرانشيسكا، وليوناردو دافنشي، وفرا أنجليكو وآخرين كثيرين، إلا أن عصر النهضة لم يقتصر على ازدهار الفنون الجميلة؛ فقد ازدهر أيضًا كلٌّ من الأدب، والشعر، والعلوم، والهندسة، والشئون المدنية، واللاهوت، والطب ومجالات أخرى. ويجب ألا نبخس بريق عصر النهضة الإيطالية الذي شهده القرن الخامس عشر وأهميته للتاريخ والثقافة الحديثة قدرهما. رغم ذلك، يجب أن نتذكر أيضًا أن تلك النهضة الإيطالية لم تكن أول ازدهار مهم للثقافة الأوروبية بعدما حدث في القرن الخامس من انهيار للحضارة الكلاسيكية عقب سقوط الإمبراطورية الرومانية؛ فقد سبقها على الأقل اثنان من عصور النهضة (بمعنى «الولادة من جديد»):

الأول — ويسمى عصر النهضة الكارولينجية — أعقبَ حملات الإمبراطور شارلمان العسكرية في أواخر القرن الثامن، والتي حققت استقرارًا أكبر لأوروبا الوسطى خلال فترة طويلة من القرن التاسع. أصبح بلاط شارلمان بمدينة آخن (المعروفة أيضًا باسم «إيكس لا شابيل») مركزًا للمعرفة والثقافة. وتعود أصول المدارس الكاتدرائية — التي قدَّمت فيما بعد الأسس التي قامت عليها الجامعات — إلى هذه الفترة. ويلخص تتويج شارلمان على يد البابا ليو الثالث عام ٨٠٠ «إمبراطورًا للرومان» فكرة أساسية فيما يتعلق بالإصلاحات الكارولينجية؛ وهي محاولة العودة إلى مجد روما القديمة. نهضت فنون العمارة، وسك النقود، والأشغال العامة، بل وابتُكرت أنماط للكتابة في محاولة لاستعادة الخطى التي كان يسير عليها الرومان الإمبراطوريون، أو على الأقل الخطى التي تخيَّل

الناس في القرن التاسع أن الرومان كانوا يسيرون عليها، لكن هذا الازدهار كان قصير الأجل.

كانت «الولادة» الثانية لأوروبا اللاتينية أكثر اتساعًا وأطول أمدًا. واستمر زخم هذه الفترة حتى بداية عصر النهضة الإيطالية، وإن كانت قد تضاءلت حدتها. وهذه «الولادة الثانية» هي «نهضة القرن الثاني عشر»، وهي ثورة إبداع كبرى في العلوم، والتكنولوجيا، واللاهوت، والموسيقى، والفنون، والتعليم، والعمارة، والقانون، والأدب. ولا تزال العوامل الباعثة على هذا الازدهار مثارًا للجدل؛ فبعض الباحثين يشيرون إلى مناخ دافئ ومواتٍ أكثر للقارة الأوروبية بدءًا من القرن الحادي عشر (فيما يعرف باسم «الحقبة القروسطية الدافئة»)، إضافةً إلى التطورات التي شهدتها الزراعة، والتي وفَّرت ما يكفي من الطعام والرفاهية لسكان أوروبا؛ مما جعل أعدادهم تزداد مرتين، وربما ثلاث مرات في فترة قصيرة نسبيًّا. وظهور المراكز الحضرية، ومزيد من الاستقرار للنظم الاجتماعية والسياسية، والمزيد من الطعام، ومن ثم المزيد من الوقت للتفكير والدراسة، كلها عوامل ساهمت في بدء هذه النهضة.

وجدت الشهيَّة الفكرية لأوروبا التي أفاقت من سُباتها وليمة دسمة تتغذى عليها في العالم الإسلامي؛ فحينما بدأت أوروبا المسيحية تتحرك نحو حدود الإسلام في إسبانيا وصقلية وبلاد الشام صادفتها كنوز المعرفة العربية. كان العالم الإسلامي قد أصبح وريث المعرفة الإغريقية القديمة، وترجمها إلى اللغة العربية، وأثراها مرات كثيرة بالاكتشافات والأفكار الجديدة. ففي علوم الفلك، والفيزياء، والطب، والبصريات، والخيمياء (الكيمياء القديمة)، والرياضيات، والهندسة، تفوقت «دار الإسلام» على الغرب اللاتيني، ولم يتوانَ الأوروبيون في الإقرار بهذه الحقيقة، ولا في بذل جهودهم لتحصيل المعرفة العربية واستيعابها. بدأ الباحثون الأوروبيون «حركة ترجمة» كبرى في القرن الثاني عشر. قطع عشرات المترجمين — من الرهبان غالبًا — الطريق إلى المكتبات العربية، لا سيما في الأندلس، وأنتجوا ترجمات لاتينية لمئات الكتب. ومما يلفت النظر لأهميته، أن نصوص الكتب التي اختاروها للترجمة كادت تكون كلها في العلوم، والرياضيات، والطب، والفلسفة.

لم تَرِث العصور الوسطى اللاتينية من العالم الكلاسيكي سوى النصوص التي كان يمتلكها الرومان، وعند أفول نجم إمبراطوريتهم لم يكن هناك إلا عدد قليل من الباحثين الرومان يستطيع القراءة باللغة اليونانية، ومن ثم كانت النصوص الوحيدة فعليًّا التي كان على الرومان نقلها هي تبسيطات وتلخيصات، وإعادة صياغة لاتينية للمعارف اليونانية.

الأمر أشبه بحصول خلفائنا على التقارير الصحفية وتبسيطات للعلوم الحديثة فحسب دون أي مجلات أو كتب علمية. وهكذا وقَّر باحثو العصور الوسطى اللاتينيةِ أسماءَ كبار المؤلفين القدماء، وكانت لديهم أوصاف لأفكارهم، لكنهم كادوا لا يملكون شيئًا من كتاباتهم.

غيَّر مترجمو القرن الثاني عشر كل ذلك، فترجموا الأعمال المؤلفة بالعربية والتراجم العربية للأعمال اليونانية القديمة، وهكذا وصلت أغلبية النصوص اليونانية القديمة إلى الأوروبيين في ثوب عربي. ومن العربية جاء طب جالينوس، وهندسة إقليدس، وعلم فلك بطليموس، ومجموعة أرسطو الكاملة التي لدينا اليوم، ناهيك عن الأعمال الأكثر تقدمًا للمؤلفين العرب في جميع هذه المجالات وأكثر. ونحو عام ١٢٠٠ تبلورت هذه الثورة المعرفية إلى مناهج دراسية ربما تكون التركة الأكثر ثباتًا من فترة العصور الوسطى للعلوم والدراسة، وهي الجامعة. وقد شكَّلت كتابات أرسطو عن الفلسفة الطبيعية جوهر المنهج الدراسي، وأدت أعماله المنطقية إلى ظهور السكولائية (أو الفلسفة المدرسية)، وهي منهجية صارمة، رسمية الصبغة من النقاش والتحقيق المنطقي تطبَّق على أي موضوع، وعليها تأسست الدراسات الجامعية.

لا يمكن التوكيد بما يكفي على أهمية الجامعة بوصفها بيتًا مؤسسيًّا للدراسة. وكما كتب الباحث البارز إدوارد جرانت، فإن الجامعة في العصور الوسطى «شكَّلت الحياة الفكرية لأوروبا الغربية»؛ فبينما كانت أعلى درجات الجامعة في علم اللاهوت، لم يكن في وسع المرء أن يصبح عالم لاهوت دون أن يتقن أولًا علوم المنطق والرياضيات والفلسفة الطبيعية آنذاك؛ إذ كانت تلك الموضوعات تدخل بصفة منتظمة ضمن دراسة اللاهوت المسيحي في العصور الوسطى. والواقع أن أغلب الفلاسفة الطبيعيين العظام في تلك الحقبة كانوا أساتذة في اللاهوت؛ مثل: القديس ألبرت الكبير (الذي يُعرف حاليًّا بأنه راعي العلماء الطبيعيين)، وثيودوريك من فرايبورج، ونيكول أوريسم، وهنريش فون لانجنشتاين، وكلهم أشخاص درَسوا في الجامعة، ودرَّسوا فيها، ووجدوا فيها مستقرًّا.

أُعيقت الحياة الثقافية النشطة في القرن الثالث عشر بفعل نكبات القرن الرابع عشر؛ ففي مطلع القرن — ربما نتيجة لانتهاء الحقبة القروسطية الدافئة — تعرضت أوروبا المأهولة بالسكان آنذاك لخسائر متكررة في المحاصيل ومجاعات، وفي منتصف القرن اكتسح الطاعون الأسود أوروبا بسرعة مذهلة ليقضي على ضحاياه في غضون أسبوع من انتشار العدوى. وليس لدينا اليوم أية تجربة لفقدان أرواح، أو اضطراب مجتمعي

سريع، أو مكتسح، أو مدمِّر كتجربة الموت الأسود؛ ففي أربع سنوات — من عام ١٣٤٧ إلى عام ١٣٥٠ — أودى بحياة نحو نصف سكان أوروبا. وكانت أولى العلامات على نهضة إيطالية مميزة قد بدأت تظهر قبل تلك الفترات المضطربة مباشرةً؛ فظهر نشاط الشاعر دانتي (١٢٦٥–١٣٢١) قبل الطاعون، بينما عاصر الكاتبان الأصغر سنًّا، بوكاتشيو (١٣١٣–١٣٧٥) وبترارك (١٣٠٤–١٣٧٤)، هذا الوباء.

الحركة الإنسانية

قدَّم عصر النهضة الإيطالية — التي اكتملت بعد ذروة انتشار الطاعون بجيل أو اثنين — أول خلفية أساسية للثورة العلمية؛ وهي ظهور الحركة الإنسانية. يصعب تعريف «الحركة الإنسانية» تعريفًا محكمًا دقيقًا؛ ولذا فمن الأفضل الحديث عن الحركات الإنسانية عامة، وهي مجموعة من التيارات الفكرية، والأدبية، والاجتماعية السياسية، والفنية والعلمية المترابطة. وكان من بين أكثر المعتقدات تشاركًا بين المهتمين بالإنسانيات الاعتقاد بأنهم يعيشون عهدًا جديدًا من الحداثة والتجديد، وأن هذا العهد الجديد يجب تقديره بالنظر إلى إنجازات القدماء. لقد تطلعوا إلى تحقيق ما يسمى تجديد الفنون والآداب جزئيًّا من خلال دراسة الإغريق والرومان القدماء ومحاكاتهم. وتبعًا لذلك فإن المؤرخين التابعين للحركة الإنسانية في عصر النهضة الإيطالية — أمثال الفلورنسيَّيْن: ليوناردو بروني (١٣٦٩–١٤٤٤)، وفلافيو بيوندو (١٣٩٢–١٤٦٣) — هم من ابتكروا تقسيم التاريخ إلى ثلاث فترات، وهو التقسيم المألوف لنا جميعًا (والذي لا يزال علينا أن نسعى جاهدين لتحرير أنفسنا من تبعاته). ووفق هذا التقسيم، تشكِّل العصور اليونانية والرومانية القديمة الحقبة الأولى، بينما الحقبة الثالثة هي حقبة الحداثة التي تبدأ بالطبع مع كتَّاب عصر النهضة أنفسهم. وبين هاتين الحقبتين البارزتين تقع — وفقًا لأنصار الحركة الإنسانية — حقبة «وسطى» من التبلد والركود؛ ولذلك تسمَّى «العصور الوسطى». والواقع أن مفهوم «العصور الوسطى» ربما يكون أكثر ابتكارات عصر النهضة بقاءً، حتى إنه لا اسم لدينا للفترة ما بين عامي ٥٠٠ و١٣٠٠ إلا وقد تشرَّب بالازدراء الذي كان يكنُّه أنصار الحركة الإنسانية الإيطاليين لتلك الفترة. وإذا وضعنا في الاعتبار الذكرى الغضة لسنوات المجاعة والطاعون بوصفها خلفيتهم المباشرة، فلا بد أن استعادة الرفاهية في إيطاليا نحو عام ١٤٠٠ بدت من غير ريب فجر «عهد جديد».

من المفترض أن تكون المحاكاة أصدق صور الإطراء، وقد عبَّر المهتمون بالإنسانيات عن إعجابهم بالعصور القديمة عن طريق تقليد الأنماط الرومانية، وكانت محاولات العودة إلى العصور القديمة قد وقعت من قبلُ، وأبرزها في عصر النهضة الكارولينجية قبل ٦٠٠ عام. والحقيقة أن عظمة روما تلقي بظلال ممتدة الأثر في الذاكرة الإنسانية. وقد تجلَّى تعطُّش المختصين بالإنسانيات لمعرفة المزيد عن ذلك العصر الماضي في التنقيب عن النصوص الكلاسيكية المفقودة منذ زمن بعيد. نقَّب أحد الأوائل المهتمين بالإنسانيات — وهو بوجيو براشيوليني (١٣٨٠–١٤٥٩) الذي استغل فترات التوقف أثناء دعوات الإصلاح التي نادى بها مجلس كونستانس المسكوني (١٤١٤–١٤١٨)؛ حيث وظَّف سكرتيرًا بابويًّا — في مكتبات الأديرة القريبة بحثًا عما تبقى من الأدب الكلاسيكي، ووجد كتاب كوينتيليان عن فن الخطابة، وخطبًا لم تكن معروفة من قبل للخطيب الروماني سيسيرو، ووجد أيضًا — فيما يمثل أهمية كبرى لتاريخ العلم — كتاب لوكريتيوس «حول طبيعة الأشياء» وهو عمل يطرح أفكارًا قديمة عن المذهب الذري، وكتاب مانيليوس عن علم الفلك، وفيتروفيوس عن العمارة والهندسة، وفرونتينوس عن قنوات المياه والهيدروليكا. وقد نُسخت هذه الأعمال واحتُفظ بها على مر القرون على يد رهبان العصور الوسطى، ووُضعت — ربما في شكل نسخة باقية وحيدة — في مكتبات أديرتهم على مدى أجيال.

اقترنت استعادة المهتمين بالإنسانيات للمعارف الرومانية بإحياء دراسة اللغة اليونانية، وكانت ملابسات إحياء اللغة اليونانية الكلاسيكية — التي كادت لا تدرَّس على الإطلاق في الغرب اللاتيني طوال ألف عام — هي وصول دبلوماسيين ورجال كهنوت يونانيين ملحقين بالسفارات إلى إيطاليا نحو عام ١٤٠٠. كانت مهمتهم تأمين المساعدة ضد التهديد التركي، وإعادة توحيد الكنيستين الشرقية والغربية اللتين انفصلتا بسبب الشقاق الذي وقع بينهما منذ عام ١٠٥٤. وأحد هؤلاء الأوائل مانويل كرايسولوراس (نحو ١٣٥٥–١٤١٥)، الذي وصل بصفته دبلوماسيًّا، لكنه عمل مدرسًا للغة اليونانية، وعلى يديه تتلمذ الكثيرون من المهتمين البارزين بالإنسانيات. تنبَّهت شهية الإيطاليين للكتب اليونانية، فارتحلوا إلى القسطنطينية بحثًا عن المخطوطات. وجلب جوارينو دا فيرونا (١٣٧٤–١٤٦٠) معه صناديق مليئة بالمخطوطات، ومن بينها كتاب «الجغرافيا» للمؤرخ سترابو الذي ترجمه هو فيما بعدُ، ويقال إن أحد تلك الصناديق فُقد أثناء نقله؛ مما جعل الشيب يخط شعر جوارينو سريعًا من شدة الأسى. وقد شمل الوفد اليوناني إلى «مجلس فلورنسا» في ثلاثينيات القرن الخامس عشر عالِمَين يونانيَّيْن بارزَيْن؛ أحدهما:

باسيليوس بيساريون (١٤٠٣–١٤٧٢) الذي أصبح واحدًا من الكرادلة فيما بعد، والذي أهدى مجموعته المكونة من نحو ألف مخطوطة يونانية إلى فينيسيا، والثاني: شخص غريب يدعى جورجيوس جيمستوس عُرف باسم «بليثو» (نحو ١٣٥٥–نحو ١٤٥٣)، وهو مَن نادى فيما بعد بالعودة إلى الإيمان بتعدد الآلهة الذي كان سائدًا لدى الإغريق القدماء. درَّس بليثو اللغة اليونانية في فلورنسا، ولفت انتباه الغرب إلى أعمال أفلاطون والأفلاطونيين. كانت دروسه سببًا في تأسيس الدوق كوزيمو الأول دي مديتشي أكاديمية أفلاطونية في فلورنسا. ترجم رائدها الأول مارسيليو فيسينو (١٤٣٣–١٤٩٩) أعمال أفلاطون وأعمال العديد من الأفلاطونيين التي لم يكن أغلبها معروفًا لقارئي الكتب في أوروبا الغربية.

وهكذا شهد القرن الخامس عشر استعادة أعداد هائلة من الكتب القديمة — كثير منها يتناول موضوعات علمية وتكنولوجية — كما حدث في القرن الثاني عشر، إلا أن المهتمين بالإنسانيات لم يشتهروا بحبهم للكتب قدر حبهم للكتب «الأصيلة الدقيقة»؛ ولذا كانوا يزدرون كتب أرسطو وجالينوس المتداولة داخل الجامعات، معتبرين إياها كتبًا فاسدة بما تعجُّ به من البربرية، والهوية العربية، والإضافات، والأخطاء، ورفضوا الفلسفة السكولائية باعتبارها عقيمة، وغير متمدنة، وغير راقية، واعتبروا الجامعات (الشمالية على وجه التحديد، تليها في مرتبة أقل الجامعات في إيطاليا) بقايا بالية من تلك العصور الوسطى الراكدة، ووبَّخوا دارسيها على كتابة لغة لاتينية منحطة القدر خالية من الرقي. ومن ثم كان من بين السمات المهمة للحركة الإنسانية تأسيس مجتمعات دراسية جديدة خارج الجامعات.

ثمة اعتقاد خاطئ حديث بأن المهتمين بالإنسانيات كانوا إلى حد ما علمانيين غير متدينين، بل ومناوئين للدين. وصحيح أن بعض الإنسانيين انتقدوا المفاسد الكنسية، وازدروا اللاهوت المدرسية، لكنهم لم يرفضوا المسيحية أو الدين بأي وجه كان. والحقيقة أن الكثيرين منهم نادوا بإصلاح الكنيسة بالتوازي مع ما أرادوا من إصلاحٍ للُّغة؛ وذلك بالعودة إلى العصور القديمة وإلى النظام الكنسي الذي كان قائمًا في القرون الميلادية العديدة الأولى. وكان الكثير من الإنسانيين ذوي رتب في السلم الكهنوتي، ويعملون في الإدارة الكنسية، أو يحصلون على دخل من الكنسية، فضلًا عن شمول هيئة الكهنوت الكاثوليكية الحركة الإنسانية برعايتها. وكثير من باباوات عصر النهضة كانوا إنسانيين متحمسين؛ ومنهم على وجه التحديد: نيكولاس الخامس، وسكستوس الرابع،

وبيوس الثاني، وكذلك تابعيهم من الكرادلة وأفراد البلاط؛ حيث كان الإنسانيون يلقون التشجيع. أما الفكرة الخاطئة الحديثة فمصدرها خلط بين ذلك وبين ما يسمى «الإنسانية العلمانية»، وهي من مستحدثات القرن العشرين، وليس لها نظير في الفترة الحديثة المبكرة.

وقد كان تأثير الحركة الإنسانية في عصر النهضة على تاريخ العلم والتكنولوجيا إيجابيًّا وسلبيًّا في الوقت نفسه. من الناحية الإيجابية، أخرج الإنسانيون إلى الوجود مئات من الكتب الجديدة المهمة، وأيدوا مستوًى جديدًا من النقد النصي. رفعت إعادة إحياء كتابات أفلاطون — بفضل تبنِّيه رياضيات فيثاغورث على وجه التحديد — مكانة الرياضيات، وأتاحت بديلًا للأرسطية التي كانت تحظى بالتفضيل في الجامعات. وحفَّزت الرغبة في مجاراة القدماء إقامة المشروعات الهندسية والمعمارية في أنحاء إيطاليا، مع السير على خطى المهندسين القدماء، مثل: أرشميدس، وهيرو، وفيتروفيوس، وفرونتينوس. وأما من الناحية السلبية، فلعل تملُّق العصور القديمة يتجاوز الحد إلى رفض كل ما جاء بعد سقوط الإمبراطورية الرومانية باعتباره ضربًا من الهمجية والتخلف. هكذا بدأت أوروبا تفقد تقديرها للإنجازات العربية وإنجازات العصور الوسطى ومعرفتها بها؛ تلك الإنجازات التي كانت بلا أدنى شك تطورًا جوهريًّا في العلوم والرياضيات والهندسة.

اختراع الطباعة

استفاد اهتمام الحركة الإنسانية بالنصوص كثيرًا من اختراع الطباعة بالحروف المتحركة نحو عام ١٤٥٠. ويعود الفضل في هذا الاختراع — أو على الأقل في انتشاره الناجح — إلى يوهان جوتنبرج (نحو ١٣٩٨–١٤٦٨) الذي كان يعمل صائغًا في مدينة ماينتس الألمانية. وكانت فكرة الطباعة بالحروف المتحركة إنتاج حروف معدنية كل منها يحمل حرفًا أبجديًّا بارزًا. ويمكن ترتيب هذه الحروف لتشكل صفحات كاملة من كتاب ما، ثم يُطلَى سطحها بحبر زيتي الأساس، ويُضغَط بها على الورقة، ومن ثم تُطبع صفحة كاملة (أو مجموعة صفحات) دفعةً واحدة. وبعد طبع عدة نسخ، يمكن تفكيك الحروف وإعادة ترتيبها بسهولة لطباعة مجموعة جديدة من الصفحات. قديمًا كانت الكتب تُنسخ بخط اليد؛ مما يؤدي إلى بطء الإنتاج وارتفاع الأسعار. وقد أدت زيادة أعداد الجامعات في الفترة المتأخرة من العصور الوسطى وزيادة أعداد الملمين بالقراءة والكتابة إلى زيادة الطلب على الكتب عن العرض؛ مما أوجد ضغطًا من أجل إنتاج الكتب بسرعة أكبر، وهو

ما أدى بدوره إلى ظهور مؤسسات تنتج الكتب خارج نطاق غرف النسخ التقليدية في الأديرة والجامعات، وأدت هذه الزيادة في إنتاج الكتب إلى المزيد من أخطاء النسخ؛ وهو ما استهجنه أنصار الحركة الإنسانية. أتاحت الطباعة إنتاجًا أسرع يعتمد عليه، غير أن الجهد المبذول في صناعة الورق، والكتابة، والطباعة أبقى على ارتفاع الأسعار (كانت نسخة الإنجيل التي طبعها جوتنبرج عام ١٤٥٥ تتكلف ٣٠ فلورينًا، وهو ما يفوق أجر عامل ماهر لمدة عام كامل).

لم يكن التحول إلى الطباعة فوريًّا؛ إذ استمر بقاء المخطوطات جنبًا إلى جنب مع الكتب، إلا أن استخدامها كان يزداد اقتصارًا يومًا بعد يوم على التداول المحدود للمواد الخاصة أو النادرة أو المميزة. كانت الحروف المطبوعة تحاكي الكتابة بخط اليد، وكان هذا في أوروبا الشمالية يعني أسلوب الكتابة القوطية، لكن سرعان ما أصبحت إيطاليا — وفينيسيا تحديدًا — مركزًا لصناعة الطباعة. استخدم القائمون على الطباعة الإيطاليون — أمثال تيوبالدو مانوتشي المعروف أكثر باسمه اللاتيني ألدوس مانوتيوس (١٤٤٩–١٥١٥) — الأشكال الأكثر نظافة ودقة من الحروف التي طورها الإنسانيون الإيطاليون (والتي اعتقدوا أنها تحاكي الطريقة التي كان يكتب بها الرومان)، وهكذا أوجدوا خطوطًا لم تحلَّ محل الحروف القديمة فحسب، بل كانت الأساس لأغلب الخطوط المستخدمة في يومنا هذا؛ ولذا لا يزال الخط المائل الأنيق يُعرف لدينا باسم «إيتاليك».

انتشرت آلات الطباعة سريعًا عبر أوروبا، وبحلول عام ١٥٠٠ كان هناك نحو ألف آلة مستخدمة، وطُبع ما بين ثلاثين وأربعين ألف عنوان. وهذا يمثل ما يقرب من عشرة ملايين كتاب. وهذه الزيادة الهائلة لم تحدث إلا في القرنين السادس عشر والسابع عشر. أصبحت الكتب بالتدريج أقل تكلفة (وكان هذا مصحوبًا في الغالب بنقصان في الجودة)، وأصبح اقتناؤها من قبل محدودي الدخل أكثر سهولة، وأتاحت الطباعة اتصالًا أسرع عن طريق النشرات الإعلانية، والرسائل الإخبارية، والكتيبات، والدوريات، والكثير من المطبوعات الورقية الوقتية الأخرى. ومع أن أغلب تلك المواد الوقتية كانت تفنى بعد وقت قصير من إنتاجها (مثل صحيفة من الأسبوع الماضي)، فإنها كانت شائعة جدًّا في الفترة الحديثة المبكرة، ومن ثم أوجدت الطباعة عالمًا جديدًا من الكلمة المطبوعة، ومن الإلمام بالقراءة والكتابة لم يُعرف له مثيل من قبل.

ومن مزايا الطباعة التي يسهل إغفالها قدرتها على نسخ الصور والأشكال البيانية. كانت الرسوم التوضيحية تشكِّل عقبة في حالة الكتابة باليد؛ إذ كانت القدرة على إعداد

الرسومات بدقة تعتمد على موهبة الناسخ في الرسم، وغالبًا على فهمه للنص، وتبعًا لذلك كانت كل نسخة تعني تراجعًا في الرسوم التشريحية، والصور التوضيحية الحيوانية والنباتية، والخرائط، والرسوم البيانية، والمخططات الرياضية أو التقنية. كان بعض الناسخين يحذفون الرسوم الصعبة، لكن مع ظهور الطباعة، أصبح بوسع المؤلف أن يشرف على إنتاج رسم أو نقش خشبي رئيسٍ تُنتَج منه بعد ذلك نسخٌ متطابقة بسهولة ودقة. وفي ظل ظروف كهذه، صار المؤلفون أكثر رغبة وقدرة على تضمين الأشكال في كتبهم؛ مما أدى إلى زيادة الأشكال العلمية للمرة الأولى.

الرحلات الاستكشافية

لأن صورة واحدة تغني عن ألف كلمة، فقد ثبتت الأهمية الخاصة للقدرة على تزويد النص بالرسوم في ظل التقارير والأشياء الجديدة الغريبة التي ستغمر أوروبا عما قريب. كانت الأراضي الجديدة التي احتكَّ بها الأوروبيون احتكاكًا مباشرًا مصدر هذه المعلومة. المصدر الأول كان آسيا والدول الأفريقية جنوب الصحراء الكبرى. ويرجع الفضل في اتصال الأوروبيين بهذه الأماكن إلى محاولات البرتغاليين لفتح طريق بحري للتجارة مع الهند؛ للاستغناء عن وسطاء التجارة — العرب وأهل فينيسيا في الأغلب — الذين سيطروا على الطرق البرية وطرق البحر المتوسط؛ ففي أوائل القرن الخامس عشر، بدأ الأمير البرتغالي المعروف باسم هنري الملَّاح (١٣٩٤–١٤٦٠) في إرسال حملات جنوبًا على طول الساحل الأفريقي الغربي؛ لتحقيق اتصال مباشر مع التجار في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى. واصل البحارة البرتغاليون توغلهم جنوبًا حتى داروا في النهاية حول رأس الرجاء الصالح عام ١٤٨٨، وبلغوا أوج هذا الإنجاز برحلة الملاح فاسكو دا جاما التجارية الناجحة إلى الهند عامي ١٤٩٧ و١٤٩٨. أسس البرتغاليون قواعد تجارية على طول الطريق ظل الكثير منها ملكًا للبرتغاليين حتى منتصف القرن العشرين، وفي النهاية مدُّوا رحلاتهم المنتظمة وصولًا إلى الصين حاملين السلع الترفيهية، مثل: التوابل، والأحجار الكريمة، والذهب، والخزف، أثناء عودتهم إلى أوروبا، وجلبوا معهم أيضًا قصصًا عن أراضٍ بعيدة، ومخلوقات غريبة، وشعوب مجهولة.

لم يبدأ هذا التوسع في الآفاق الأوروبية فجأة في عصر النهضة، بل وضعت العصور الوسطى الأسس لرحلات عصر النهضة. والواقع أن رحلات القرن الخامس عشر المتجهة شرقًا استأنفت الاتصالات التي أجريت في القرن الثالث عشر وانقطعت في القرن الرابع

عشر بسبب التقلبات السياسية في آسيا. بدأ رحَّالة العصور الوسطى — الذين كانوا في الغالب من الطائفتين الدينيتين الجديدتين الدومنيكان والفرنسيسكان — بعثات دينية ودبلوماسية بعيدة إلى حد لم نبدأ في التعرف إليه سوى الآن، وأسسوا دور عبادة في أنحاء آسيا وصولًا إلى بكين، وأيضًا في بلاد فارس والهند، وأرسلوا معلومات إلى أوروبا كانت زادًا معرفيًّا ومصدر إلهام لرحلات تجارية لاحقة، ونتج عن رحلات العصور الوسطى هذه إحساسٌ أكبر بمكانة أوروبا ضمن عالم أكبر على وشك أن يُستكشف.

وبينما كان البرتغاليون يفتحون طرقًا بحرية شرقًا باتجاه آسيا، كان كريستوفر كولومبوس يرنو ببصره في الاتجاه العكسي، ولأنه كان على يقين من أن محيط الأرض أقل بمقدار الثلث تقريبًا عن التقديرات الدقيقة التي تمت في العصور القديمة — والتي لا تزال معروفة على نطاق واسع في أوروبا — فقد ظن أن بإمكانه الوصول إلى شرق آسيا أسرع عن طريق الإبحار غربًا. وهذا الانطباع الخاطئ كان يرجع جزئيًّا إلى بطليموس عالم الجغرافيا والفلك في القرن الثاني. كان المهتمون بالإنسانيات قد استعادوا حديثًا كتاب بطليموس «الجغرافيا» الذي تضمَّن شكلًا صغيرًا تشوبه الغرابة لحجم كوكب الأرض، مع مبالغة كبيرة في الامتداد الشرقي لقارة آسيا. كان الداعمون الماليون لكولومبوس متشككين، ولديهم الحق في ذلك؛ إذ أدركوا أن الطريق الغربي هو الطريق الأطول، ومن دون أماكن وسيطة يتزود الطاقم فيها بالمؤن الجديدة ربما يتعرضون للهلاك جوعًا (لم يظن أحد أن كولومبوس سوف «يبحر حتى حافة الأرض»؛ إذ كانت فكرة كروية الأرض قد ترسخت تمامًا في أوروبا بما يزيد على ١٥٠٠ سنة قبل كولومبوس. والفكرة القائلة إن الناس قبل كولومبوس كانوا يعتقدون أن الأرض مسطحة هي من مبتدعات القرن التاسع عشر. ولو سمع الناس في القرون الوسطى هذا الكلام لضحكوا منه كثيرًا!) ومن ثم، حينما وصلت سفن كولومبوس عام ١٤٩٢ إلى شواطئ جزر الكاريبي كان يظن أنه وصل إلى آسيا، ولم يعرف وقتها أنه اكتشف قارة جديدة!

وسواء اعترف كولومبوس بخطئه فيما بعد أم لا، فقد اعترف آخرون بذلك سريعًا، وأسرعوا بالإبحار إلى هذا «العالم الجديد»، وسرعان ما انتشرت أخبار القارة الجديدة مدعومة بالمطابع الناشئة حديثًا. وفي عام ١٥٠٧، أعطى رسام خرائط ألماني للأراضي الجديدة اسم «أمريكا» نسبة إلى المستكشف الإيطالي أمريجو فسبوتشي. وبفضل هذه الخرائط وما نُشر معها من روايات فسبوتشي عن أمريكا الجنوبية، ترسَّخ هذا الاسم. وفي عام ١٥٠٨، ابتدع فرديناند الثاني، ملك إسبانيا، منصبَ كبيرِ بحارة «العالم الجديد» من

أجل فسبوتشي. ووُجد هذا المنصب الجديد داخل ما يسمى «بيت التجارة»، وهو مكتب مركزي تأسس عام ١٥٠٣ ليس فقط من أجل جمع الضرائب على السلع الواردة إلى إسبانيا، وإنما أيضًا لجمع شتى أنواع المعلومات من البحارة العائدين وتدوينها، وتدريب مرشدي السفن والملاحين، والتحديث المستمر للخرائط الرئيسة بالمعلومات الجديدة المستقاة من قباطنة السفن العائدة. وهذه المعلومات والمعرفة العملية التي جُمعت في إشبيلية ساعدت إسبانيا على تأسيس أول إمبراطورية في التاريخ لا تغيب عنها الشمس أبدًا.

لحقت الأمم الأخرى — التي لم تشأ أن تبقى بعيدة عن المناطق والثروات التي كانت تجمعها إسبانيا والبرتغال — بالركب، وإن كانت قد تخلَّفت عن الأيبيريين (الإسبان والبرتغاليين) بقرن أو أكثر. ومن ثم فعلى مدى مائة عام، كانت جميع تقارير «العالم الجديد» وعيِّناته التي غيَّرت وجه المعرفة الأوروبية عن النباتات والحيوانات والجغرافيا كلها تأتي إلى أوروبا عن طريق إسبانيا والبرتغال. ومن الصعب أن نتخيل سيل البيانات الذي تدفق في أوروبا قادمًا من «العالم الجديد»؛ فالجديد من النباتات، والحيوانات، والمعادن، والأدوية، وأخبار الشعوب الجديدة، واللغات، والأفكار، والملاحظات والظواهر فاق قدرة العالم القديم على الاستيعاب. كان هذا «حملًا معلوماتيًّا زائدًا» احتاج مراجعة للأفكار المعروفة عن العالم الطبيعي، ووسائل جديدة لتنظيم المعرفة. فقدت نظم تصنيف النباتات والحيوانات التقليدية مصداقيتها مع اكتشاف مخلوقات جديدة غريبة. فنَّدت الملاحظات الخاصة بأماكن معيشة البشر التي يمكن وصول المستكشفين إليها في كل مكان فعليًّا الفكرةَ القديمة القائلة إن العالم ينقسم إلى خمس مناطق مناخية؛ اثنتين معتدلتين، وثلاثٍ صارت غير قابلة للسكنى بسبب الحر أو البرد الشديدين. واحتاجت الاستفادة من القدرة الاقتصادية الهائلة في الأمريكتين وآسيا إلى مهارات علمية وتكنولوجية جديدة. حفَّزت البيانات الجغرافية وتسجيل الطرق البحرية استحداثَ تقنيات جديدة في رسم الخرائط، بينما احتاج التنقل الآمن والمعتمد عليه بين أوروبا والأراضي الجديدة إلى تطوير الملاحة، وبناء السفن، والتسليح.

إصلاح المسيحية

في الوقت الذي عرَّضت فيه الرحلات الاستكشافية حول العالم الأوروبيين إلى تنوع في الآراء الدينية، كان هناك تنوع في تلك الآراء في الداخل أيضًا. شهد عام ١٥١٧ بداية تصدُّع عميق،

وعنيف غالبًا، ومستمر داخل الديانة المسيحية؛ ففي ذلك العام قدَّم القس الأوغسطيني وأستاذ اللاهوت، مارتن لوثر (١٤٨٣–١٥٤٦)، «الأطروحات الخمس والتسعين» الشهيرة في مدينة فيتنبرج الجامعية. كُتبت هذه الأطروحات أو الافتراضات في صورة موضوعات للجدل السكولائي، وتركَّزت على الممارسات المحلية المعاصرة غير السليمة، والتي يتعذر تبريرها لاهوتيًّا، وتشمل بيع صكوك الغفران. ومع أن حالات جدال مشابهة بشأن قضايا عملية ومذهبية كانت شائعة في الثقافة الجامعية الجدلية في العصور الوسطى، فإن احتجاج لوثر قد تجاوز الحدود المعتادة للجدال اللاهوتي الأكاديمي، وسرعان ما أصبح حركة سياسية واجتماعية ذات قاعدة عريضة خرجت عن سيطرة لوثر نفسه. ورغم أن دعاوى لوثر كانت في البداية معتدلة إلى حد بعيد، فإنها أصبحت تزداد جسارة وتصادمية؛ إذ انتقلت من مناقشة قضايا ثانوية نسبيًّا تتعلق بالممارسات المحلية إلى مسائل عقائدية خطيرة. وسرعان ما انتشرت هذه الدعاوى عبر الصحافة لتعمِّقها الارتباطات بالقومية المحلية، ويشجعها الحكام الألمان الذين رأوا أن الانفصال عن روما يصب في مصلحة اهتماماتهم السياسية. من ثم، وعلى غير المتوقع، تحوَّل احتجاج محلي إلى الحركة البروتستانتية. انشقت البروتستانتية على نحو كاد يكون فوريًّا إلى طوائف متناحرة. وسرعان ما تلت النزاعات اللوثرية–الكاثوليكية نزاعاتٌ كالفينية–لوثرية، وبعدها نزاعات بين الكالفينيين بعضهم البعض، وهكذا دواليك. وقد زلزلت ما أُطلق عليها «حروب الدين» — المدفوعة غالبًا بالمناورات السياسية والملَكية لا بالقضايا العقائدية — أوروبا؛ لا سيما ألمانيا وإنجلترا وفرنسا، على مدى قرن ونصف قرن تاليين.

لم يكن لوثر نفسه من المهتمين بالحركة الإنسانية، وإن كانت بعض أفكاره — مثل التركيز على القراءة الحرفية للإنجيل على عكس القراءات المجازية التي يحبذها الكاثوليك — تحمل بعض أوجه التشابه مع تركيز الإنسانيين على النصوص. لكن أوجه الشبه هذه كانت أقل أهمية من شكِّه في الآداب والأفكار الكلاسيكية (الوثنية)، ورغبته في حذف كتب من الإنجيل (مثل «رسالة يعقوب») التي لم تكن تتفق مع أفكاره الشخصية. أما فيليب ميلانكثون (١٤٩٧–١٥٦٠) — صاحب المعرفة الأوسع — فكان حكاية مختلفة تمامًا؛ فاسمه (ميلانكثون) يُظهر نزعته الإنسانية، وهو مترجَم إلى اليونانية الكلاسيكية عن الاسم الألماني الأصلي شفارتسرد (ويعني «الأرض السوداء»). كان أخو جدِّه يوهانس رويشلين — الذي اقترح إضفاء هذه الصبغة الكلاسيكية على الاسم — أبرز رواد الحركة الإنسانية في ألمانيا. وفي أعقاب رفض لوثر للفلسفة السكولائية الجامعية، جدَّد ميلانكثون (الذي

كَرِه الفلسفة السكولائية أيضًا كونه واحدًا من المهتمين بالإنسانيات) المناهج الجامعية وعلم أصول التدريس في الجامعات الألمانية — وتحديدًا جامعة لوثر في فيتنبرج — مع انتقالها من الكاثوليكية إلى اللوثرية. وبسبب المناهج الجديدة التي ابتكرها نال لقب «معلِّم ألمانيا». ولم يكن منهجه يدعو إلى إقصاء الفلسفة الأرسطية، بل — على النمط الإنساني الحق — إلى التخلص من «إضافات» العصور الوسطى التي لحقت بالفلسفة الأرسطية، وإلى استخدام نسخ أفضل من هذه الفلسفة الإغريقية. وجدت الجامعات البروتستانتية الجديدة نفسها في وضع تُحسد عليه؛ إذ كان يتعين عليها أن تبدأ من جديد، بمعنى أنها ستبدأ وعلى عاتقها حمل خفيف من المناهج المعروفة، ومن ثم كانت قادرة على دمج أساليب ومواد جديدة لم تجد لنفسها مكانًا في المؤسسات القديمة.

وداخل نطاق الكاثوليكية، كانت حركات الإصلاح قد بدأت أيضًا؛ ففي القرن الخامس عشر تطرقت مجمعات الكنائس لبعض القضايا، وإن لم تكن قد حققت نجاحًا تامًّا. التغير الأهم كان انعقاد «مجمَّع ترينت» (١٥٤٥–١٥٦٣)، وهو مجمع كنسي عُقِد استجابة للبروتستانتية عن طريق مواجهة الفساد، وتوضيح المعتقدات، وتوحيد الممارسات، وتحقيق المركزية في الرقابة الضبطية. أطلق «مجلس ترينت» — المجمع الكنسي الأهم فيما بعد العصور الوسطى وحتى انعقاد المجمع الفاتيكاني الثاني (١٩٦٢–١٩٦٥) — حركةَ «الإصلاح الكاثوليكي» أو «الإصلاح المضاد». وشملت إجراءات هذا الإصلاح تطوير تعليم القساوسة — وهي خطوة كان يطالب بها الكثير من الإنسانيين — وأيضًا زيادة الرقابة على المعتقد الأرثوذكسي المضمَّن في الأعمال المنشورة. كانت هذه الإصلاحات محل قبول هائل من جانب جمعية مكونة حديثًا من القساوسة، وهي «جمعية يسوع» أو اليسوعيون. أسس الجمعية القديس إغناطيوس لويولا، وحصلت على ترخيص باباوي عام ١٥٤٠، وكرَّس اليسوعيون أنفسهم بصفة خاصة للتعليم والدراسة، وحققوا إسهامات ملحوظة لا سيما في العلوم، والرياضيات، والتكنولوجيا.

وكان التأثير الأوسع نطاقًا لليسوعيين — بجانب التبشير بعودة البروتستانت إلى الكاثوليكية — يكمن في مئات المدارس والكليات التي أنشئوها خلال السنوات الأولى من وجودهم. قام علم أصول التدريس لدى اليسوعيين على أسلوب مبتكر في التدريس ووضع المناهج. وهو أسلوب احتفظ بأهمية النظم الأرسطية، غير أنه اقترن بتركيز جديد على الرياضيات (فبحلول عام ١٧٠٠ كانت أكثر من نصف درجات الأستاذية في الرياضيات في أيدي اليسوعيين) والعلوم. وغالبًا كانت مدارس اليسوعيين الأولى في تدريس بعض الأفكار

العلمية الجديدة المرتبطة بالثورة العلمية، فضلًا عن أنها علَّمت الكثير من المفكرين المسئولين عنها. انتشر اليسوعيون في العالم على طول الطرق التجارية المفتتحة حديثًا، منشئين لأنفسهم حضورًا بارزًا (ومدارس بالطبع) في الصين والهند والأمريكتين، وأول شبكة مراسلة عالمية. نقلت هذه الشبكة إلى روما كل شيء بدءًا من العينات البيولوجية والملاحظات الفلكية، وصولًا إلى الإنتاج الثقافي والتقارير الشاملة عن معارف السكان الأصليين وعاداتهم. يعبِّر التوجه اليسوعي في دراسات العلوم والرياضيات عن شعار اليسوعيين «رؤية الرب في كل شيء». ومع أن اليسوعيين أكدوا على هذا الدافع، فإنه لم يكن قاصرًا عليهم؛ فالواقع أنه كان أساسًا للثورة العلمية بأكملها.

العالم الجديد في القرن السادس عشر

استوطن الأوروبيون في القرن السادس عشر عالمًا جديدًا سريع التغير، وكما يحدث في أيامنا الحالية بإيقاعها السريع، رأى الكثيرون في ذلك الوضع مصدرًا للقلق، بينما رآه آخرون عالمًا من الفرص والاحتمالات. اتسعت آفاق أوروبا بكل ما تحمله هذه العبارة من معنًى؛ فقد أعاد الأوروبيون اكتشاف ماضيهم، وواجهوا عالمًا بشريًّا وطبيعيًّا أكثر اتساعًا، وابتدعوا مناهج جديدة وتفسيرات حديثة لأفكار قديمة. والواقع أن أفضل تصوُّر لعالمهم هو تشبيهه بسوق صاخبة، مكتظة بالسلع، عزَّز تنافرُ الأصوات فيها تنوعَ الأفكار والسلع والاحتمالات، بينما تدافعت الحشود لاختبار السلع المعروضة، أو شرائها، أو تركها جانبًا، أو الثناء عليها، أو انتقادها، أو الاكتفاء بلمسها. يكاد كل شيء يكون معروضًا أمام الجميع. وسواء خلُصنا إلى أن «الثورة العلمية» أمر مستحدث بالكامل، أو أنها إحياء لمادة فكرية مختمرة من أواخر العصور الوسطى بعد التوقف الذي شهده القرن الرابع عشر المشئوم، فلا شك أن المتعلمين الذين عاشوا في القرنين السادس عشر والسابع عشر رأوا زمنهم زمنَ تغييرٍ وحداثة. كانت تلك أزمنة مثيرة؛ أزمنة لعوالم جديدة حقًّا.

الفصل الثاني

العالم المترابط

حينما نظر المفكرون في الفترة الحديثة المبكرة إلى العالم؛ رأوا «كونًا» بكل ما تحمله الكلمة اليونانية Cosmos من معنًى، أي كلٌّ منظَّم مرتَّب. رأوا المكونات المختلفة للكون المادي مترابطة بإحكام بعضها مع بعض، وترتبط بروابط وثيقة بالبشر وبالله. كان عالمهم محبوكًا بعضه مع بعض في هيئة شبكة معقدة من الروابط والعلاقات المتبادلة، يمتلئ كل ركن فيه بالغاية، ويزخر بالمعنى. ومن ثم، لم تكن دراسة العالم — من وجهة نظرهم — تعني كشف اللثام عن الحقائق المرتبطة بمكوناته وتصنيفها فحسب، بل الكشف أيضًا عن تصميمه الخفي ورسائله غير الملفوظة. ويتناقض هذا المنظور مع منظور العلماء المعاصرين الذين يؤدي تخصصهم المتزايد إلى حصر تركيزهم في موضوعات محدودة وأشياء معزولة عن غيرها، والذين تركز مناهجهم على تحليل الوسائل بدلًا من تركيبها، والذين تثبِّط وجهات نظرهم المختارة الأسئلةَ الخاصة بالمعنى والغاية تثبيطًا. نجحت الوسائل الحديثة في الكشف عن كميات هائلة من المعرفة بشأن العالم المادي، لكنها أنتجت أيضًا عالمًا مفتتًا مفكك الأوصال بوسعه أن يُشعر البشر بالغربة، وبيُتمهم من الكون. والحقيقة أن جميع فلاسفة الطبيعة في الفترة الحديثة المبكرة قد تبنوا رؤية للعالم أكثر اتساعًا وشمولًا، وتولَّدت دوافعهم وأسئلتهم وممارساتهم عن تلك الرؤية. علينا إذن أن نفهم رؤيتهم للعالم إذا أردنا فهم دوافعهم ومناهجهم في دراسة هذا العالم.

ومفهوم العالم مُحكَم الترابط والهادف يُشتق من مصادر كثيرة؛ أهمها: عملاقا العصور القديمة اللذان لا يمكن تجاهلهما: أفلاطون وأرسطو، ومن اللاهوت المسيحي أيضًا. فمن المصادر الأفلاطونية — لا سيما المفكرون الذين يُطلَق عليهم الأفلاطونيون المتأخرون أو الأفلاطونيون المحدثون (وهم الفلاسفة الذين نشطوا في تطوير أفكار

أفلاطون في مصر الهيلينية في القرون الأولى من العصر المسيحي) — تأتي فكرة سُلَّم الطبيعة. وطبقًا لهذا المفهوم، فإن لكل شيء في العالم مكانًا خاصًّا في تسلسل هرمي متصل. في أعلى قمة هذا التسلسل الهرمي يأتي الإله الواحد الباقي المتعال، ومنه تستمدُّ كلُّ الأشياء وجودها. إنه «الواحد» الذي يطلق قوة خلَّاقة تجلب كل الأشياء إلى الوجود، وكلما انبعثت هذه القوة بعيدًا عن «مصدرها»، كانت الأشياء التي تخلقها أدنى منزلة وأقل شبهًا بالخالق. وفي قاع هذا التسلسل تقع المادة الجامدة غير الحية، بينما تمتلئ المستويات بين القمة والقاع — في ترتيب تصاعدي — بالحياة النباتية والحيوانية، يليها البشر، ثم الكائنات الروحانية مثل أنصاف الآلهة، والآلهة الأدنى شأنًا. كان هدف بعض الأفلاطونيين المحدثين هو صعود السلم — إذا جاز التعبير — والوصول إلى مستوًى أكبر من الروحانية، وأقل من المادية، وتحرير النفس البشرية — وهي الجزء الأكثر نُبلًا — من الجهل الناتج عن انحدارها في حيز المادة، والارتقاء عبر مستويات الكائنات الروحانية في رحلة الوصول إلى «الواحد». وهذا المفهوم القديم أثَّر في المذاهب المسيحية وتأثر بها، ويمكن تطبيقه بسهولة على المعتقدات المسيحية الأرثوذكسية عن طريق استبدال الملائكة بالآلهة الأدنى شأنًا وأنصاف الآلهة الوثنيين، واستبدال «الرب المسيحي» بالإله «الواحد»، مثلما اقترح «ديونيسيوس الأريوباغي»، أحد الأفلاطونيين المحدثين المسيحيين في القرن الخامس. وبفضل هذا التنصير، بقيت فكرة «سلَّم الطبيعة» معروفة طوال العصور الوسطى اللاتينية، حتى وإن كانت النصوص الأفلاطونية القديمة التي تقوم عليها قد فُقدت منذ قرون.

تلك النصوص الأفلاطونية كانت من بين تلك الأشياء التي أعاد الإنسانيون اكتشافها في عصر النهضة، والتي ترجمها مارسيليو فيسينو. حصل فيسينو أيضًا على مجموعة أخرى من النصوص ترتبط باسم «هيرمس تريسمجيستوس» — ومعناه هيرمس «العظيم ثلاثًا»، الذي يقال إنه حكيم مصري قديم عاصر النبي موسى — وترجمها ونشرها. حصل فيسينو على مجموعة مختارة صغيرة من بين كمٍّ هائل من «الهرميتيكا» (الكتابات المنسوبة لهيرمس) مختلفة الألوان التي يرجع تاريخها إلى الفترة من نحو القرن الثالث قبل الميلاد إلى القرن السابع الميلادي. ومن المرجح أن هرميتيكا فيسينو تعود إلى القرنين الثاني والثالث، رغم أنه كان هناك اعتقاد في بادئ الأمر أنها أقدم من ذلك بكثير. وتكمن أهميتها في طابعها الأفلاطوني المحدَث الذي يؤكد على قوة البشر، ومكانهم في العالم المترابط لسلَّم الطبيعة، وقدرتهم على ارتقائه. وقد وجد كثير من

قارئي عصر النهضة ما اعتقدوا أنها إرهاصات للمسيحية في الهرميتيكا، وهكذا احتل هيرمس تريسمجيستوس مكانة نبي وثني، ومن ثم يمكن العثور على صورته بين الأنبياء في كاتدرائية «سينا».

يصوِّر سلَّم الطبيعة عالمًا لكل مخلوق فيه مكانٌ، وكل مخلوق فيه يرتبط بمن هم فوقه وتحته مباشرةً، بحيث يكون هناك ارتقاء متدرج ومستمر من المستوى الأدنى إلى الأعلى يخلو من الفراغات على طول ما سمِّيَت باسم «سلسلة الوجود الكبرى». وثمة مفهوم ذو صلة — موجود في كتاب «تيماوس»، وهو وصف لأفلاطون عن أصل الكون، وعمل أفلاطون الوحيد المعروف لدى العصور الوسطى اللاتينية — هو العالم الكبير والعالم الصغير. والعالم الكبير هو هيكل الكون؛ أي العالم الشاسع من النجوم والكواكب، بينما يعتبر العالم الصغير هو هيكل الإنسان. والفكرة الأساسية أن هذين العالَمَيْن أُنشئا على مبادئ متشابهة، ومن ثم توجد علاقة وثيقة بين أحدهما والآخر. وثمة إسهام حديث أضيف إلى الهرميتيكا — وهو عمل عربي من القرن الثامن يسمى «لوح الزمرد» — يلخص بدقة هذا الرأي في شعار موجز معروف جيدًا في أوروبا في العصور الحديثة الأولى: «مثلما في السماء مثلما على الأرض.» يرى أفلاطون أن ربط عالم البشر الصغير بعالم الكواكب الكبير له معنًى أخلاقيٌّ عمليٌّ؛ هو أن علينا النظر إلى الإبداعات المنطقية المنظمة للسماء بوصفها مرشدًا لنا كي نحكم أنفسنا حكمًا منطقيًّا منظمًا. أما الأوروبيون في الفترة المبكرة من العصر الحديث، فيرون في الربط بين العالمين الصغير والكبير — قبل أي شيء — معنًى طبيًّا؛ هو أنه أساس علم التنجيم الطبي؛ فالكواكب المختلفة لها تأثيرات محددة على أعضاء بشرية معينة يمكن بفعلها أن تؤثر على الوظائف الجسمانية (انظر الفصل الخامس).

ثمة إسهام رئيس ثانٍ في مفهوم العالم المترابط الهادف يأتي من الأفكار الأرسطية بشأن كيفية الحصول على المعرفة. وفقًا لأرسطو، فإن المعرفة السليمة بشيءٍ ما هي «معرفة سببية». وهذا المصطلح يحتاج إلى تفسير. رأى أرسطو أن معرفة شيء ما تتطلب تعيين عِلَله الأربع أو أسباب وجوده؛ وأولها «السبب الفاعل» الذي يحدد ما أو مَن الذي صنع الشيء، وثانيها «السبب المادي» الذي يحدد من أي شيء صُنع هذا الشيء. أما «السبب الصوري» فيحدد الخصائص المادية التي تجعل الشيء على ما هو عليه، أو هو بعبارة أخرى بيان تفصيلي بخصائصه. أما أهم الأسباب لدى الأرسطيين — وأكثرها تعذرًا على فهم المحدثين — فهو «السبب الغائي». يخبر «السبب الغائي» بالغاية من

وجود هذا الشيء، ويرى أرسطو أن لكل شيء هدفًا أو غاية. ويمكن توضيح هذه الأسباب باستخدام أحد تماثيل آخيل؛ فالسبب الفاعل للتمثال هو النحات، وسببه المادي هو الرخام، وسببه الصوري هو الجسم الجميل لآخيل، وسببه الغائي تخليد ذكرى آخيل. ويمكن أن يكون هناك أكثر من سبب واحد في كل فئة من الفئات الأربع (فمثلًا قد يكون للتمثال سبب غائي آخر هو الزينة، أو قد يُستخدم حامل معاطف كما في بعض المنازل الأثينية).

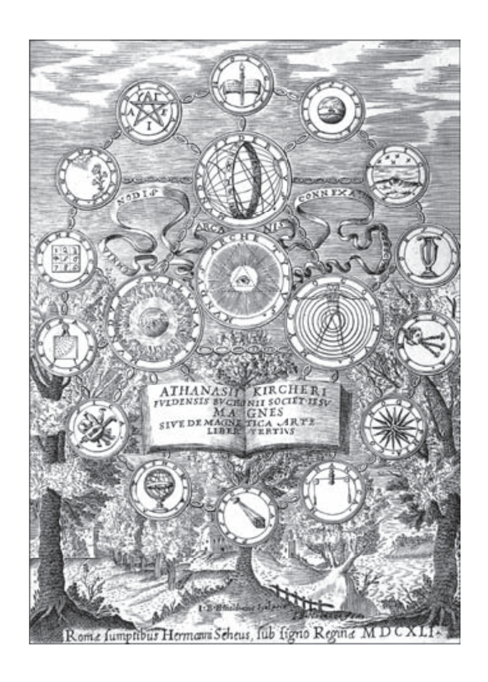
النقطة المهمة أن الصور الأرسطية للمعرفة — لا سيما فيما يتعلق بالسببين الفاعل والغائي — قد عملت على تعريف الأشياء في سياق علاقتها بأشياء أخرى؛ فمعرفة شيء ما تؤدي إلى القدرة على وضعه داخل شبكة من العلاقات مع أشياء أخرى، لا سيما الأشياء التي تكون باعثة على وجوده والتي تستفيد منه. وفي السياق المسيحي لأوروبا، تناغَمَ السبب الغائي كثيرًا مع فكرة التصميم والتدبير الإلهي؛ فالأسباب الغائية في الطبيعة كانت جزءًا من خطة الله للخلق، وضُمِّنت ورُمِّزت داخل الأشياء المخلوقة بفعل السبب الفاعل الأول.

عبَّر كُتَّاب الفترة الحديثة المبكرة عن فهمهم للعالم المترابط بطرق مختلفة عديدة؛ فقد كتب الفيلسوف الطبيعي الإنجليزي روبرت بويل (١٦٢٧–١٦٩١) — المعروف بعمله في مجال الكيمياء (لا يزال طلبة الكيمياء يتعلمون قانون بويل القائل إن حجم الغاز يتناسب عكسيًّا مع الضغط الواقع عليه) — أن العالَم يشبه «رواية رومانسية جيدة الحبكة». هنا يلمِّح بويل إلى الروايات الفرنسية الكبيرة في زمنه (والتي كان مغرمًا بها جدًّا)؛ فهذه الروايات الرومانسية، غالبًا ما تزيد على الألفي صفحة، تصوِّر عددًا هائلًا مرهِقًا للذاكرة من الشخصيات التي تتلاقى دومًا حكاياتها المركبة وتتباعد على نحو يثير الدهشة، وتزخر بالكشف عمن يرتبطون بعلاقة حب سرية، وعمن يلتقي بأخيه أو ابنه الذي فقده منذ زمن. يرى بويل أن الخالق هو كاتب الروايات الأعظم، وأن الباحثين العلميين هم القارئون الذين يحاولون كشف جميع العلاقات والقصص المتشابكة في العالم الذي أبدعه الخالق.

أما العالم اليسوعي الموسوعي أثناسيوس كيرشر (١٦٠١ / ١٦٠٢–١٦٨٠) — الذي احتفظ بمتحف للعجائب في روما، وكان مركزًا للمراسلة اليسوعية بشأن الفلسفة الطبيعية — فقد صوَّر العالم المترابط في صورة أنيقة على الطراز الباروكي تتصدر كتابه الموسوعي «عن المغناطيسية» (الشكل ٢-١).

توضح الصورة سلسلة من الأختام الدائرية كلٌّ منها يحمل اسمًا لأحد فروع المعرفة: الفيزياء، والشعر، والفلك، والطب، والموسيقى، والبصريات، والجغرافيا وغيرها؛ حيث يحتل علم اللاهوت القمة. توجد سلسلة واحدة تربط الأختام معًا فيما يعبر عن الوحدة المتأصلة بين جميع فروع المعرفة. يرى المحدثون الأوائل أنه لم تكن ثمة حواجز دقيقة تفصل العلوم والإنسانيات واللاهوت بعضها عن بعض؛ بل إنها شكَّلت طرقًا متشابكة في استكشاف العالم وفهمه. وفي صورة كيرشر تتصل فروع المعرفة هذه بسلاسل بثلاثة أختام أكبر تمثل الأجزاء الرئيسة الثلاثة للعالم الطبيعي؛ وهي: العالم النجمي (كل ما هو أبعد من القمر)، والعالم تحت القمري (الأرض وغلافها الجوي)، والعالم الصغير (البشر). وبالمثل ترتبط هذه الأجزاء الثلاثة من العالم بعضها مع بعض تعبيرًا عن الاعتماد المتبادل الحتمي الموجود بينها. في مركز الصورة وفي اتصال مباشر مع كلٍّ من العوالم الثلاثة بالتساوي، يوجد «العالم الأصلي»، بمعنى عقل الرب الذي لم يخلق كل شيء فحسب، بل يضم داخله النماذج الأصلية لكل شيء محتمل في الكون. ويستكمل كيرشر صورته بالشعار اللاتيني: «يستقر كل شيء في هدوء مرتبطًا بعُقَد خفية.»

مفهوم الترابط هذا، سواء بين فروع المعرفة وبين الأوجه المختلفة للكون، يميز «الفلسفة الطبيعية»؛ ذلك الفرع من فروع المعرفة الذي مارسه طلبة الفترة الحديثة المبكرة بالعالم الطبيعي. ترتبط الفلسفة الطبيعية ارتباطًا وثيقًا بما اعتدنا أن نسميه «العلم» في يومنا هذا، لكنها أوسع نطاقًا ودلالة. درَس الفيلسوف الطبيعي في القرون الوسطى أو في عصر الثورة العلمية العالَمَ الطبيعي كما يفعل العلماء المحدثون، لكنه فعل ذلك ضمن منظور أوسع شمل اللاهوت وما وراء الطبيعة. ولم تكن العناصر الثلاثة؛ الرب والإنسان والطبيعة، بمعزل بعضها عن بعض قط. شيئًا فشيئًا حلَّت محل وجهات النظر الفلسفية الطبيعية وجهاتُ نظر «علمية» أكثر تحديدًا وتخصصًا خلال القرن التاسع عشر (وهو العصر الذي صيغت فيه كلمة «عالِم» لأول مرة). ولا يمكن فهم أعمال الفلاسفة الطبيعيين في الفترة الحديثة المبكرة ودوافعهم فهمًا جيدًا، أو تقديرها تقديرًا سليمًا دون وضع الطابع المميز للفلسفة الطبيعية نصب أعيننا؛ فأسئلتهم وأهدافهم لم تكن بالضرورة أسئلتنا وأهدافنا، حتى عندما تكون الأشياء الطبيعية الخاضعة للدراسة واحدة. ومن ثم، فلا يمكن كتابة تاريخ العلم بانتزاع «الباكورات» العلمية من سياقها التاريخي، بل برؤيتها بأعين وعقول شخصياتنا التاريخية.



شكل ٢-١: صفحة عنوان محفورة لأثناسيوس كيرشر من كتابه «عن المغناطيسية» (روما ١٦٤١) تعبر عن الارتباط بين فروع العلم وبين الرب والبشر والطبيعة.[1]

«السِّحر» الطبيعي

كانت النظرة «الكونية» منتشرة على نطاق واسع في كل من القرنين السادس عشر والسابع عشر، وكانت تشكِّل أساس مجموعة متنوعة من الممارسات والمشروعات، حتى وإن اعتبر المفكرون المختلفون أن لعلاقات الترابط في العالم درجات متفاوتة من الأهمية لعملهم. وكان وجه الفلسفة الطبيعية الأكثر صلة بتلك النظرة إلى العالم يسمى magia naturalis. ومن الخطأ ترجمة هذا المصطلح اللاتيني مباشرةً إلى الإنجليزية على أنه natural magic أي «السحر الطبيعي»؛ فكلمة «سحر» تجعل القارئين المحدثين بطبيعة الحال يفكرون في رجال يرتدون حُللًا ويُخرِجون الأرانب من القبعات، أو في أشخاص واهنين يرتدون ثيابًا سوداء، وقبعات مدببة، ويغمغمون بكلام غير واضح أمام القدور

التي تغلي، أو في أسماء لا تثير الشعور بالخطر، مثل هاري بوتر ومَدرسة «هوجوورتس» لتعليم فنون السحر والشعوذة. لكن مصطلح magia naturalis في الفترة الحديثة المبكرة كان مختلفًا تمامًا عن ذلك؛ فهو يشكل جزءًا مهمًّا من تاريخ العلم.

لعلَّ من الأفضل أن نترجم كلمة magia للمحدثين على أنها mastery بمعنى «البراعة». وهدف من يمارس تلك البراعة أن يفهم الارتباطات المضمَّنة في العالم ويتحكم فيها كي يستفيد منها في أغراض عملية. انظر مرة أخرى إلى صورة كيرشر: ستجد في أعلى يسار الصورة أن «البراعة الطبيعية» مذكورة ضمن فروع المعرفة بين علمي الرياضيات والطب، ويرمز إليها كيرشر باستدارة زهرة عبَّاد الشمس كي تتبع الشمس في السماء طوال اليوم (وهناك العديد من النباتات تسلك هذا السلوك الذي يُعرف باسم «الانتحاء الشمسي»). لماذا تستدير زهرة عبَّاد الشمس دائمًا تجاه الشمس على عكس معظم النباتات؟ من الواضح أنه لا بد من وجود رابط معين بين الشمس وزهرة عبَّاد الشمس. قدَّمت قدرة عبَّاد الشمس على تتبع الشمس مثالًا أوليًّا على القوى والروابط الخفية في العالم؛ تلك التي سعى ممارسو «البراعة الطبيعية» إلى تحديدها والتحكم بها.

قسَّم الأرسطيون في القرون الوسطى خواص الشيء إلى مجموعتين؛ المجموعة الأولى: هي «الخواص الظاهرة» التي يستطيع أي شخص أُنعِم عليه بأعضاء الحس أن يدركها؛ وأول هذه الخواص السخونة، والبرودة، والرطوبة، والجفاف، وهناك خواص أخرى، مثل: النعومة، والخشونة، والصفرة، والبياض، والملوحة، والمرارة، وعلو الصوت، وطيب الرائحة وغيرها، وكلها خواص تثير الحواس. كانت الأرسطية في الأساس منهجًا للتعامل مع العالم يقوم على حسن التمييز. استخدم الأرسطيون هذه الخواص الظاهرة لتفسير تأثير أحد الأشياء على غيره؛ فالمشروبات الباردة، على سبيل المثال، تخفف الحمَّى؛ لأن البرودة تلغي الحرارة، إلا أن بعض الأشياء سلكت سلوكًا غريبًا عجزت الخواص الظاهرة عن تفسيره؛ فاعتُبر أن هذه الأشياء لها «خواص كامنة»، وهي الخواص التي لا نستطيع إدراكها بحواسنا، وهذه الخواص غالبًا ما كانت تعمل على نحو محدد للغاية بما يوحي بوجود علاقة خفية خاصة بين أشياء معينة وبين الأشياء الأخرى التي تؤثر عليها. جمَّع الفلاسفة الطبيعيون في القرون الوسطى قوائم بهذه الظواهر، والمغناطيس أدلُّ الأمثلة التقليدية على ذلك؛ فنحن لا نشعر بشيء تجاه حجر المغناطيس (معدن ممغنط بطبيعته) يمكن أن يفسِّر قدرته الغامضة على جذب الحديد تحديدًا إليه. وينطبق الأمر نفسه على التجاذب الظاهر بين الشمس وزهرة عبَّاد الشمس، واستدارة إبرة البوصلة تجاه النجم

القطبي، والتأثير المنوم للأفيون، وتأثير القمر على حركة المد والجزر في البحار، وأشياء أخرى كثيرة. كانت «البراعة الطبيعية» محاولة للبحث عن مثل هذه الخواص الكامنة للأشياء وتأثيراتها، ومحاولة للإفادة منها.

كيف يمكن للمرء الوصول إلى هذه الارتباطات أو «العُقَد الخفية» في الطبيعة؟ إحدى الوسائل كانت ملاحظة العالم عن كثب. يتفق الجميع على أن الملاحظة الدقيقة هي نقطة بدء حاسمة في التقصي العلمي؛ وقد أدت ممارسة البراعة الطبيعية إلى تعزيز هذه الملاحظة، وثمة وسيلة مساوية في الأهمية هي التنقيب في تاريخ ملاحظي الطبيعة الأوائل؛ أي التقارير والملاحظات — التي تتراوح بين العادي والغريب — المدونة في النصوص المختلفة من الأزمنة المعاصرة رجوعًا إلى العالم القديم. ومن ثم كان الكثير من البراعة يقوم على القراءة المتأنية للنصوص على الطراز الإنساني، مع بناء شبكات متداخلة من خلال تجميع افتراضات الكتَّاب السابقين. وفي ظل ذلك التنوع الهائل في الطبيعة، تكون مهمة ممارسي «البراعة الطبيعية» الطموحين جسيمة ومربكة للعقل؛ إذ لن تقل عن حصر خواص كل الأشياء. هل توجد طريقة مختصرة؟ آمن بعض الفلاسفة الطبيعيين أن الطبيعة تحتوي على مفاتيح ترشد هؤلاء الأشخاص؛ ربما في صورة تلميحات وضعها في مكانها ربٌّ رحيم يريدنا أن نفهم خلقه ونستفيد منه. يزعم «مذهب التوقيعات» أن بعض الأشياء الطبيعية تكون «موقَّعة» بإشارات عن خواصها الخفية. وغالبًا ما يعني هذا أن اثنين من الأشياء المترابطة يبدوان متشابهين إلى حدٍّ ما، أو يكون لهما بعض الخصائص المتشابهة؛ فعبَّاد الشمس، على سبيل المثال، لا يتبع الشمس فحسب، بل إن الزهرة نفسها «تشبه» الشمس في اللون والشكل. وهناك أجزاء عديدة في النباتات تشبه أجزاء مختلفة في جسم الإنسان؛ فثمرة الجوز في استكنانها داخل قشرتها تبدو شديدة الشبه بالمخ داخل الجمجمة. هل يمكن أن تكون هذه علامة على أن ثمار الجوز قد تكون دواءً مفيدًا للمخ؟ سيكون على ممارسي «البراعة الطبيعية» تجربة هذه الأشياء للتأكد منها، إلا أن الملاحظة مقرونة بفكرة التوقيعات قدَّمت نقطة انطلاق مفيدة نحو تقصي العالم الطبيعي، وتفسيره، والاستفادة منه.

يمثل مذهب التوقيعات وجهًا واحدًا فحسب من أسلوب أوسع نطاقًا من التفكير التشابهي الذي كان منتشرًا على نطاق واسع في الفترة الحديثة المبكرة. فرغم ميل المحدثين إلى اعتبار هذه التشابهات مجرد مصادفة أو حدث عرضي، أو اعتبارها أمرًا «خياليًّا» غير مادي، فإن كثيرين في الفترة الحديثة المبكرة نظروا إلى تلك الأشياء من

منظور مختلف تمامًا؛ إذ توقعوا وجود روابط تشابهية بين أجزاء العالم المختلفة، وكان اكتشاف تشابه أو تناظر في الطبيعة يعني لهم وجود ارتباط حقيقي بين الأشياء. وبدلًا من كون كل تشابه بين شيئين في العالم الطبيعي نتاجًا لخيال البشر، كان هذا التشابه يشير إلى خط آخر في مخطط الخلق؛ أي علامة مرئية على وجود ارتباط خفي وضعته العناية الإلهية في الكون. وهكذا كان للآراء المترتبة على التشابه قوة خاصة وقدرة إثباتية تتجاوز ما اعتدنا على التفكير فيه اليوم. وقد قام اليقين بوجود هذا الارتباط على إيمان لا يتزعزع في كونٍ لم يكن عشوائيًّا ولا تصادفيًّا، بل هو كونٌ ممتلئ بالمعنى والغاية، توجِّهه الحكمة والعناية الإلهية بطرق شتى بما يخدم مصلحة البشر. هذا اليقين — وما صاحبه من استخدام التفكير التشابهي — لم يكن صفة قاصرة على أولئك المهتمين بالبراعة الطبيعية فحسب، بل الواقع أنه امتد إلى كل المفكرين الجادِّين في تلك الفترة.

باستخدام الملاحظة المباشرة والتشابه والمراجع النصية والتوقيعات جمَّع مفكرو الفترة الحديثة المبكرة مجموعات هائلة من الأشياء اعتبروها مترابطة. على سبيل المثال، مَن غيرهم يمكن ربطه بالعلاقة بين الشمس وزهرة عبَّاد الشمس؟ الشمس هي مصدر الدفء والحياة في العالم الكبير، ولا بد أن يكون نظيرها في العالم الصغير هو القلب (ألقِ نظرة أخرى على صورة كيرشر، وستجد شمسًا صغيرة جدًّا مكان القلب في الهيكل البشري الذي يمثل العالم الصغير). الشمس هي أكثر الأجرام السماوية تميزًا، وهي لامعة وصفراء، ومن ثم تشبه الذهب في عالم المعادن، وبعيدًا عن هذا العالم تشبه كل الأشياء الصفراء أو الذهبية. أما في عالم الحيوان، فالشمس تتسبب في صياح الديك؛ مما يدل على وجود رابط خاص بين الاثنين، كذلك الأسد بلونه الأصفر البني، ومكانته الملكية، ورأسه الشبيه بالشمس (حيث تحيط لبدة الأسد برأسه مثل أشعة الشمس) يبدو مرتبطًا بالشمس. بالمثل، فإن شجاعة الأسد تتماثل بدورها مع القلب. إذن فالشمس، وزهرة عبَّاد الشمس، والقلب، والذهب، واللون الأصفر، والديك، والأسد، كلها تحمل روابط مشتركة، ومن ثم روابط حقيقية وإن كانت خفية. يرى أنصار البراعة الطبيعية أن هذه الروابط التشابهية تترجَم إلى روابط فعالة يمكن الاستفادة منها. وأكثر الاستخدامات عمليةً قد يتضمن استخدام الذهب أو زهور عبَّاد الشمس في إنتاج دواء للقلب، لكن يمكن أن تأخذ الأمور أبعادًا أخرى من الإثارة كما سنرى فيما بعد.

تتفاوت الآراء حول ما يربط الأشياء المتصلة بعضها ببعض في شبكات التطابق هذه، لكن عادة كان يُعتقد أنها تؤدي دورها عن طريق كانت تعتبر مؤدية لوظائفها من

خلال «التعاطف» الذي يعني حرفيًّا «المعاناة معًا، أو استقبال الفعل المؤثر معًا». فكِّر في آلَتَي عُود مُدَوْزنتين جيدًا في جانبين متقابلين في إحدى الغرف. انقر وترًا معينًا في أحد العودين وستجد الوتر المقابل بالعود الآخر قد بدأ في الاهتزاز فورًا، وإصدار نغمة خاصة به تماثل النغمة التي صدرت عن العود الأول. لا نزال اليوم نسمي هذه الظاهرة «الاهتزاز بالتداعي». اعتبر مفكرو الفترة الحديثة المبكرة أن هذه الظاهرة تعطي مثلًا لعملية الروابط الخفية التي تعمل عن بُعدٍ بين الأشياء التي يوجد «تناغمٌ» بينها وبين بعضها البعض. قال البعض إنه من الضروري وجود وسط لنقل التأثير بين شيئين منفصلين مكانيًّا؛ فذكر أرسطو أن شيئًا لن يؤثر في آخر على مسافة منه لولا وجود وسط متدخِّل يحمل التأثيرات. في حالة أوتار العود، على سبيل المثال، نعرف أن الهواء وسط خلالي يحمل الاهتزازات بين الآلتين الموسيقيتين. وفي الأفعال التعاطفية الأخرى، قد يكون هذا الوسط هو ما يطلق عليه «روح العالم»؛ وهي مادة كونية معنوية أو شبه مادية نافذة وقادرة على إبقاء الأشياء — حتى البعيدة منها — في حالة اتصال فعلي بعضها ببعض، وذلك بنقل التأثيرات من شيء إلى الآخر. لم تكن هذه «الروح» كيانًا خارقًا واعيًا، لكنها في العالم الكبير نظيرة الأرواح الحية في العالم الصغير؛ تلك المادة الخفية في أجسادنا، التي تنقل الأمر «تُحرَّك!» عبر الأعصاب إلى أقدامنا، حينما تدرك عقولنا أن شاحنة تزن طنَّين تنطلق سريعًا تجاهنا. بالمثل، تحمل روح العالم «إشارات» من الشمس إلى عبَّاد الشمس أو من القمر إلى مياه البحار. ومرة أخرى نقول إن العالم الصغير والعالم الكبير كلاهما انعكاس للآخر، وكلاهما يحتوي على الروح التي تنقل الإشارات. وبالمناسبة، فإن هذه الطبيعة المتناظرة ينبغي أن تعني أيضًا أن العالم الكبير نفسه به روح من نوع ما؛ وهي نقطة يؤكد عليها أفلاطون في كتابه «تيماوس»، ويصعب على المعاصرين فهمها، وسوف نعود إلى مناقشتها في الفصل التالي.

«البراعة» العملية من المطبخ إلى البحث العلمي

نظرية السحر الطبيعي فيما يتعلق بعالم مترابط هي نظرية مثيرة للإعجاب، بل أنيقة ورائعة، إلا أن المفتاح الرئيس لها هو التطبيق العملي. تتراوح الأجزاء العملية لمفهوم السحر أو البراعة في الفترة الحديثة المبكرة ما بين العادي والسامي؛ وعادة لا يكون للعادي صلة بالأسس النظرية. يقدِّم كتاب «السحر الطبيعي» للعالم جيامباتيستا ديلا بورتا (١٥٣٥–١٦١٥) مثالًا جيدًا على ذلك. اشتهر ديلا بورتا بإنشائه في مدينة نابولي

أول مجتمع علمي — «أكاديمية الأسرار» — وبكونه عضوًا في أكاديمية «دي لينشي»، وهي الجمعية العلمية التي أُنشئت في وقت مبكر من القرن السابع عشر، والتي ضمت «جاليليو» بين أعضائها. يلخِّص الفصل الأول من كتاب ديلا بورتا مبادئ العالم المترابط، مشيرًا كيف أن السحر «استعراض للمسار الكامل للطبيعة» و«الجزء العملي من الفلسفة الطبيعية». ينصح ديلا بورتا القارئ بأن يكون «سخيًّا في سعيه وراء الأشياء؛ وبينما يكون منشغلًا وحريصًا في السعي، عليه أيضًا أن يتحلى بالصبر ... وعليه ألا يألو جهدًا في سبيل ذلك؛ لأن أسرار الطبيعة لا تنكشف للكسالى والمتبطلين.» تشمل الأسرار العملية للطبيعة — التي تكشف عنها بقية كتاب ديلا بورتا — ملاحظات عن المغناطيسية وعلم البصريات، لكن أغلب الكتاب عبارة عن مزيج من الوصفات لكل شيء بدءًا من تصنيع الجواهر الصناعية والألعاب النارية، إلى تربية الحيوانات والنباتات، إلى نصائح منزلية عن كيفية تصنيع العطور، وشيِّ اللحم، وحفظ الفاكهة، وكل هذه الوصفات لا تعتمد على أي مفهوم نظري للعالم. يتلاءم كتاب ديلا بورتا أكثر مع فئة «كُتُب الأسرار» التي كانت تزداد رواجًا في القرنين السادس عشر والسابع عشر، والتي أُعيدَ طبع بعضها حتى في القرن التاسع عشر. والعديد من تلك الكتب يبدأ بشرح لأفكار مهمة رفيعة عن الكون، لكنها تتكون في الأساس من وصفات للتدبير المنزلي، أو الصناعات الحرفية، وتحتوي على القليل — إن وُجد — من المعلومات حول طبيعة العالم.

على النهاية السامية من المقياس، نجد مارسيليو فيسينو (١٤٣٣–١٤٩٩) الذي ظهر تطبيقه العملي لترابط العالم في أساليب الحياة والطقوس الدينية. غالبًا ما كان فيسينو يشكو من مزاجه السوداوي؛ ربما كان يعاني مما نسميه الآن اكتئابًا. كان الطب في تلك الآونة يعتقد أن زيادة كمية المرارة السوداء — واحدة من «أخلاط» الجسم الأربعة التي لا بد أن تبقى في توازن من أجل التمتع بالصحة — تسبب الاكتئاب. والواقع أن المصطلح اليوناني المقابل لكلمة المرارة السوداء melaina cholé هو أصل الكلمة الإنجليزية melancholy؛ أي الكآبة أو سوداوية المزاج. (وبنفس الطريقة، فإن الشخصيات التي لا تزال توصف بأنها دموية المزاج، أو صفراوية المزاج (سريعة الغضب)، أو بلغمية المزاج (باردة الطبع) تنبع من زيادة أحد أخلاط الجسم الثلاثة الأخرى؛ الدم، والمرارة الصفراء، والبلغم على الترتيب. انظر الفصل الخامس). اكتشف فيسينو العلاقة بين الحياة الدراسية والكآبة، واقترح على رفاقه من المفكرين تغيير أنماط حياتهم كي يساعدهم ذلك في حل المشكلة. أعد فيسينو نظامًا غذائيًّا ومكملات

دوائية لمنع تكوين المزيد من المرارة السوداء في الجسم، ويقترح كتابه «حول الحصول على الحياة من السماء» الاستعانة بالمؤثرات السماوية للقضاء على هذا الخطر المهني الذي يحيق بالدارسين.

اعتبر الأطباء أن للمرارة السوداء خاصيتين ظاهرتين؛ هما: البرودة والجفاف، ولأن لدى كوكب زحل هاتين الخاصيتين؛ فإن هناك ارتباطًا تعاطفيًّا بينهما. ومن ثم، فإنه يتعين الابتعاد عن أي شيء يدخل في شبكة التشابهات مع المرارة السوداء وكوكب زحل. أما الخاصيتان المضادتان لكل من الشمس (الحرارة والجفاف) وكوكب المشتري (الحرارة والرطوبة)، فإنهما تُعادلان برودة المرارة السوداء وجفافها، وهكذا يمكن لأي شيء يدخل في شبكة التشابهات مع الشمس والمشتري أن يساعد في القضاء على الكآبة التي تصيب الدارسين (كلمة jovial الإنجليزية المستخدمة بمعنى فَرِح أو جَذِل تعني حرفيًّا «له علاقة بكوكب المشتري Jupiter»، وهي إشارة إلى مدى رسوخ هذا المفهوم وقبوله قديمًا). وهكذا فإنه من أجل الإفادة من الروابط التعاطفية مع الشمس، اقترح عالم الإنسانيات الفلورنسي، فيسينو، ارتداء الملابس الصفراء والذهبية، وتزيين المكان بالزهور التي تدور مع الشمس، والحصول على وفرة من أشعة الشمس، وارتداء الذهب والياقوت، وتناول أطعمة وتوابل «شمسية» (مثل الزعفران والقرفة)، وسماع الموسيقى المتناغمة الراقية والتغني بها، وحرق صمغ المُرِّ والبخور، والاعتدال في تناول الخمر. غير أنه ذهب إلى ما هو أبعد من ذلك مع بعض القرَّاء عندما اقترح أيضًا — سيرًا على خطى الأفلاطونيَّيْن المحدثَيْن القديمَيْن بلوتينوس ويامبليخوس اللذين ترجم هو أعمالهما من اليونانية — عمل صور يمكنها أن تجتذب وتأسر قوًى كوكبية، وهو قول يثير الكثير من الجدل حينما يُنسَب لقسيس كاثوليكي روماني تابع للكنيسة رسميًّا. والواقع أنه يمكن قراءة فيسينو عند هذه النقطة وكأنه يعبر الخط من السحر «الطبيعي» إلى السحر «الروحاني»، وإن كان من الأرجح سيختلف مع ذلك التأويل؛ فالسحر الطبيعي استخدم قوى التعاطف الخفية في الطبيعة، بينما استدرَّ السحر الروحاني المساعدةَ من كائنات روحانية، مثل: الأرواح الحارسة والآلهة في الفلسفة الإغريقية الوثنية، أو الشياطين والملائكة في اللاهوت المسيحي. وعليه، لم يكن ثمة اعتراض على النوع الأول من السحر، بينما كان من المنطقي أن يثير النوع الثاني استنكار اللاهوتيين، وهكذا أثيرت الشكوك حول استقامة فيسينو الدينية، لكن لم تُتَّخذ ضده أي إجراءات؛ إذ كان يمكن تأويل تلك الطقوس على أنها فيزيائية أو طبية بالكامل، ومن ثم تكون مقبولة تمامًا. وعلى

مدى قرن تالٍ، استخدم الراهب الدومنيكاني توماسو كامبانيلا، والبابا أوربان الثامن طقوسًا تتضمن أضواء وألوانًا وروائح وأصواتًا — في تشابهٍ مع وصفات فيسينو — للقضاء على أي آثار سيئة محتملة؛ نتيجة الفقدان المؤقت للتأثيرات الشمسية الصحية أثناء إحدى حالات الكسوف الشمسي التي كان يُتوقع أنها ستتسبب في وفاة البابا. نجا البابا، لكن رغم أن هذا النوع من السحر كان طبيعيًّا في استخدامه المزمع، فقد ارتاب بعض المراقبين في أمر هذه التطبيقات.

وفي وقتنا الحاضر، أحيانًا ما تواجَه تطبيقات البراعة الطبيعية وفكرة العالم المترابط الذي يحتوي تعاطفات وتشابهات بالرفض؛ باعتبارها غير منطقية أو خرافية، لكن هذا الحُكم القاسي خاطئ؛ فهو ناتج عن عجرفة وإخفاق في فهم التاريخ. ما فعله أسلافنا أنهم لاحظوا أوجه الغموض المختلفة، والظواهر التي تبدو متشابهة في الطبيعة، ومنها استقرءوا نتيجة كونية — قانونًا للطبيعة — عن الارتباطات وانتقال التأثيرات في العالم. وقد أدى هذا الاستقراء إلى اعتناقهم معتقدًا لم نعتنقه نحن، مفاده أن الأشياء المتشابهة أو المتناظرة يؤثر بعضها على بعض في صمت. وما إن وُضع هذا الافتراض حتى بُنيت عليه بقية المنظومة على نحو ممنطق. لقد كانوا يحاولون فهم العالم، وفهم الأشياء، والاستفادة من قوى الطبيعة. وقد انتقلوا بالاستقراء من الأمثلة المشاهَدة أو المصرَّح بها إلى مبدأ عام، ثم انتقلوا بالاستدلال إلى تبعاته وتطبيقاته. وقد نختار أن نقول — في ضوء ما لدينا من معلومات بفضل الدراسات الحديثة — إن الفعل الحاصل بين الشمس وزهرة عبَّاد الشمس، أو القمر والبحر، أو المغناطيس والحديد يفضَّل تفسيره بشيء آخر غير علاقات التعاطف الخفية، لكن هذا لا يخوِّل لنا أن نقول إن مناهجهم أو استنتاجاتهم كانت غير عقلانية، أو أن المعتقدات والممارسات التي ترتبت عليها كانت «خرافية». إذا سمحنا بهذا التجاوز، فإن أي نظرية علمية تُرفَض في نهاية الأمر في ضوء تطور فهمنا للعالم — وهذا يشمل بلا شك بعض الأشياء التي نعتقد اليوم أنها تفسيرات حقيقية لبعض الظواهر — سوف يُحكم عليها بأنها غير عقلانية وخرافية أيضًا، بدلًا من مجرد وصفها بأنها أفكار «مغلوطة» جرى التوصل إليها بطريقة عقلانية في ظل الأفكار ووجهات النظر والمعلومات المتاحة في حينها.

الدوافع الدينية وراء البحث العلمي

إن مفهوم «البراعة الطبيعية» هو أقوى تعبير عن الأفكار واسعة الانتشار المتعلقة بالعالم المترابط، وبالعالمين الكبير والصغير، وبقوة التشابه. نفس أنواع الارتباطات

وأنماط التفكير كانت مضمَّنة غالبًا في عمل الفلاسفة الطبيعيين الذين لم يشكُّوا في فكرة «البراعة الطبيعية». كان كلُّ مفكِّر في تلك الفترة واثقًا من وجود ارتباطات حميمية بين البشر والرب والعالم الطبيعي، ومن ثم من علاقات الترابط بين الحقائق اللاهوتية والعلمية. وهذا الملمح يثير الموضوع المعقد الخاص بالعلاقة بين العلم واللاهوت/الدين. ولكي نفهم الفلسفة الطبيعية في الفترة الحديثة المبكرة، من الضروري أن نتحرر من عدة افتراضات وتحيزات حديثة شائعة؛ أولًا: فعليًّا، كان كل شخص في أوروبا — وبالتأكيد كل مفكر علمي ذُكر اسمه في هذا الكتاب — مسيحيًّا متدينًا وممارسًا لديانته، والفكرة القائلة إن الدراسة العلمية، حديثة كانت أو غير ذلك، تتطلب وجهة نظر إلحادية — أو بتعبير ألطف «متشككة» — هي خرافة ظهرت في القرن العشرين على يد أناس أرادوا أن يكون العلم نفسه دينًا (بحيث يكونون هم كهنة هذا الدين). ثانيًا: لم تكن تعاليم المسيحية لدى من عاشوا في الفترة الحديثة المبكرة آراء أو اختيارات شخصية، بل كانت لها مكانة الحقائق الطبيعية أو التاريخية. ومن الواضح أن الشقاقات التي وُجدت بين الطوائف المختلفة كانت بسبب نقاط بعيدة بعض الشيء عن اللاهوت أو ممارسة الطقوس، تمامًا كخلاف العلماء اليوم حول النقاط الأكثر دقة دون التشكك في حقيقة الجاذبية الأرضية، أو وجود الذرات، أو صلاحية البحث العلمي. لم يحدث قط أن تدنَّت مكانة اللاهوت إلى «الاعتقاد الشخصي»؛ بل إنه شكَّل (مثل العلم اليوم) كيانًا من حقائق متفق عليها، وبحث مستمر عن الحقائق المتصلة بالوجود. ونتيجةً لذلك؛ اعتُبرت المعتقدات اللاهوتية جزءًا من مجموعة البيانات التي استخدمها الفلاسفة الطبيعيون في الحقبة المبكرة، وهكذا لعبت الأفكار اللاهوتية دورًا أساسيًّا في الدراسة العلمية والتفكير العلمي؛ ليس بوصفها «مؤثرات» خارجية، بل كأجزاء جادة ومتكاملة من العالم الذي كان يدرسه الفيلسوف الطبيعي.

واليوم، نجد الكثيرين من الناس يقبلون الخرافة المنتشرة على نطاق واسع، والتي ظهرت في أواخر القرن التاسع عشر، بشأن وجود معركة ملحمية بين «العلماء» و«رجال الدين». فرغم الحقيقة المؤسفة أن بعض أفراد الطرفين قد رسخوا هذه الخرافة بأفعالهم اليوم، فإن هذا «الصراع» قوبل بالرفض من كل مؤرخي العلوم المعاصرين؛ كونه لا يمثل الموقف التاريخي. ففي القرنين السادس عشر والسابع عشر وفي العصور الوسطى، لم يكن يوجد معسكر من «العلماء» يكافحون من أجل التحرر من تسلط «رجال الدين»؛ فلم يكن لهذين المعسكرين وجود على هذا النحو. والقصص المتداولة عن القمع والصراع

توصَف في أفضل الظروف بالإفراط في التبسيط أو المبالغة، وفي أسوئها بأنها اختلاقات فولكلورية (انظر الفصل الثالث عن جاليليو). الواقع أن الباحثين في الطبيعة كانوا هم أنفسهم رجال دين، وكان كثير من الكنسيين باحثين في الطبيعة. وقد قام الارتباط بين البحث اللاهوتي والعلمي في جزء منه على فكرة «الكتابين». ويقرر هذا المفهوم الذي أعلنه القديس أوغسطين وغيره من الكتاب المسيحيين الأوائل، أن الله يكشف عن وجوده للبشر بطريقتين مختلفتين؛ بإلهام الكُتَّاب القديسين بكتابة «الكتاب المقدس»، وبخلق العالم ممثلًا في «كتاب الطبيعة»؛ فالعالم حولنا رسالة إلهية — لا تقل عن الإنجيل — علينا أن نقرأها؛ ويمكن للقارئ المتبصر أن يتعلم الكثير عن الخالق عن طريق دراسة الخلق. وتعني هذه الفكرة راسخة الجذور في المسيحية الأرثوذكسية أن دراسة العالم يمكن في حد ذاتها أن تكون فعلًا دينيًّا. فقد اعتبر روبرت بويل، على سبيل المثال، أن أبحاثه العلمية نوع من العبادة الدينية (ومن ثم كان ملائمًا أن يُجريها أيام الآحاد) يعمِّق معرفة الفيلسوف الطبيعي وإدراكه لله عبر التفكر في خلقه، وقد وصف الفيلسوفَ الطبيعي بأنه «كاهن للطبيعة» واجبه أن يوضِّح ويُفسِّر الرسائل المكتوبة في «كتاب الطبيعة»، وأن يجمع كل ما يستحقه الخالق من ثناء ويُظهِره أمام الخلق.

خلاصة القول، إن المحدثين المبكرين رأوا — بطرق مختلفة — عالمًا مترابطًا من منظور كوني فيه كل الأشياء والبشر والرب، وجميع فروع المعرفة أجزاء مترابطة من كلٍّ لا تنفصم روابطه. وفي بعض التقديرات، قد يُنظر إلى التطور الحديث لعلم البيئة والعلوم البيئية على أنها تسترجع بعض خطوط شبكات الاعتماد المتبادل غير المرئية، التي تخيَّل الفلاسفة الطبيعيون في الفترة الحديثة المبكرة وجودها في عالمهم. ومع ذلك، فقد راقب المفكرون في الفترة الحديثة المبكرة — مثل أسلافهم في القرون الوسطى — عالمًا من الترابطات، وعالمًا مليئًا بالهدف والمعنى، فضلًا عن الغموض والعجب والبشارة.

هوامش

(1) Courtesy of the Division of Rare and Manuscript Collections, Cornell University Library.

الفصل الثالث

العالم فوق القمري

حتى العصر الحديث، كانت السماء تشكِّل حرفيًّا نصف عالم الناس اليومي؛ فلم يكن ممكنًا تجاهل السماء وتحركاتها. الأمر الساخر والمأساوي أنه بينما يعطينا العلم الحديث الآن تفسيرات لآليات عمل العالم السماوي أفضل من أي وقت مضى، فإن التكنولوجيا الحديثة تسببت في أن معظم الناس لم يعودوا قادرين على مشاهدة تحركات هذا العالم الليلية بأعينهم، والشعور بوجوده، والتعجب لجماله؛ فهذا الأمر يتطلب الآن مكانًا مكشوفًا بعيدًا عن التلوث الضوئي والصناعي؛ لنشهد تأثير السماء بالليل كما فعل أسلافنا. فقبل اختراع الكتابة بوقت طويل، كان القدماء يعرفون التحركات التي تحدث في السماء، إلا أن التوصل إلى كيفية تفسير هذه التحركات ظل يشغل أصحاب العقول الفطنة حتى القرن الثامن عشر. ويمثل الكشف التدريجي عن البِنَى الخفية للسماء حكاية رئيسة في تاريخ «الثورة العلمية». وأشهر شخصيات هذا العصر — مثل كوبرنيكوس، وكبلر، وجاليليو، ونيوتن — هم أبطال هذه الحكاية. والواقع أن التطورات التي شهدها علم الفلك ظلت زمنًا طويلًا حكاية هذه الفترة، ولها دور كبير في منحها مسمًّى «الثورة».

اعتبر المفكرون في عام ١٥٠٠ أن الكون ينقسم إلى عالمين: «العالم تحت القمري» المكون من كوكب الأرض وكل ما يعلوه من أشياء وصولًا إلى القمر، و«العالم فوق القمري» المكون من القمر وكل ما وراءه. وهذا التقسيم وضعه أرسطو على أساس الملاحظة الشائعة عن التناقض بين السماء الثابتة والأرض دائمة التغير. في العالم تحت القمري، لا تتوقف العناصر الأربعة — التراب، والماء، والهواء، والنار — عن الاتحاد والانفصال والاتحاد مرة أخرى؛ فتظهر أشياء جديدة، وتختفي أشياء قديمة. أما العالم فوق القمري فيختلف عن ذلك تمامًا؛ إنه عالم الثبات. فعلى مدى قرون قبل أرسطو،

شاهد علماء الفلك الكواكب والنجوم تتبع مساراتها بانتظام تام. وقد أوحى هذا الثبات لأرسطو بأن العالم فوق القمري يتكون من مادة واحدة متجانسة؛ أي عنصر خامس أطلق عليه اسم «الأثير» (وأطلق عليه الكُتَّاب فيما بعد اسم «الجوهر») لا يمكن أن يتغير أو يتحلل؛ لأنه نقي وأوَّلي.

خلفية من وحي الملاحظة

بدأ الإغريق رحلة السعي الطويلة لتفسير الحركات السماوية فيزيائيًّا ورياضيًّا، وهذه الحركات أكثر تعقيدًا ونظامًا مما يدرك معظم الناس اليوم. كلنا نألَف الحركة اليومية للشروق والغروب. فكل الأجرام السماوية — الشمس، والقمر، والكواكب، والنجوم — تشرق وتغرب مرة كل يوم في حركة من الشرق إلى الغرب عبر السماء. وتحتاج الحركات السماوية الأخرى مراقبة أكثر تأنيًا. تستغرق النجوم — التي تسمى «نجومًا ثابتة» لأنها لا تتحرك بالنسبة لبعضها البعض — أقل قليلًا من ٢٤ ساعة لكي تعود إلى نفس الموضع في السماء. وهذا يعني أن كل نجم يشرق مبكرًا قليلًا (نحو ٤ دقائق) كل ليلة، ومن ثم إذا نظرت إلى السماء كل ليلة في التوقيت نفسه، فسوف ترى كوكبات من النجوم تتحرك رويدًا رويدًا من الليل إلى الليل في أقواس كبيرة حول — إذا كنت في نصف الكرة الشمالي — النجم الوحيد الذي لا يتحرك أبدًا، وهو النجم القطبي «بولاريس»، الذي يوجد عند نهاية كوكبة «الدب الأصغر» (أو التي يُطلق عليها «بَنَات نَعْش الصغرى»). وتستغرق النجوم عامًا لتعود إلى نفس الموقع في السماء في نفس الوقت من الليل. والانطباع الذي يصل إلينا أن قشرة هائلة مرصعة بالنجوم تدور حول الأرض مرة كل ٢٣ ساعة و٥٦ دقيقة.

تتحرك الشمس حركة أكثر بطئًا قليلًا فتستغرق ٢٤ ساعة كاملة لكل دورة، بمعنى أنها من يوم لآخر تغير موقعها بالنسبة للنجوم الأخرى، فتتحرك حركة بطيئة من الغرب إلى الشرق بالنسبة لستار النجوم الخلفي لها، وتستغرق عامًا قبل أن تنتظم في صف مع نفس النجوم مرة أخرى. ويتحرك القمر حركة مشابهة، لكنها تكون ملحوظة أكثر؛ فالقمر يطلع متأخرًا نحو ٥٠ دقيقة كل ليلة؛ لذا فإنك إن بحثت عنه في نفس الوقت على مدار ليالٍ متتابعة، فستجده قد ابتعد ناحية الشرق كل ليلة. وبعد ٢٩ يومًا، يعود القمر إلى المكان الذي بدأ منه. الكواكب أيضًا تفعل نفس الشيء، لكن بانحراف غريب يحتاج كثيرًا إلى تفسير؛ فهي تتصرف معظم الوقت كالشمس والقمر، فتتحرك حركة بطيئة

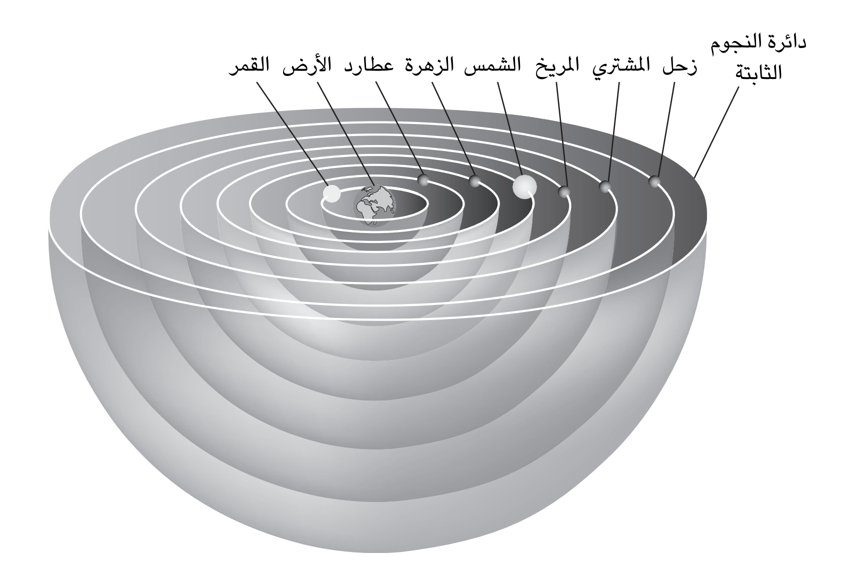
من الغرب إلى الشرق أمام ستار النجوم الخلفي، لكنها من وقت لآخر تبطئ، ثم تتوقف وتستدير وتتحرك في الاتجاه المضاد؛ أي من الشرق إلى الغرب فيما يسمى «الحركة التراجعية». وبعد برهة، تتوقف مرة أخرى، ثم تستدير وتستأنف حركتها المعتادة.

أطلق الإغريق القدماء كلمة planet أي «كوكب» (ومعناها المتجول) على جميع الأجرام السماوية السبعة التي يبدو أنها تتحرك أمام خلفية النجوم الثابتة. وهذه الأجرام السبعة هي: الشمس، والقمر، وعطارد، والزهرة، والمريخ، والمشتري، وزحل، لكن الكواكب لا تتجول بعيدًا؛ فحركاتها مقصورة على دائرة محدودة في السماء تسمى «دائرة الأبراج». وتنقسم دائرة الأبراج إلى اثني عشر قسمًا متساويًا في الطول، يحتوي كلٌّ منها على كوكبة من النجوم أو «برجًا» مثل: الحمل، والثور، والجوزاء، إلخ. ومن ثم، فبينما تقوم الكواكب بتحركاتها الفردية أمام ستار النجوم الخلفي تبدو وكأنها تتحرك خلال دائرة الأبراج من كوكبة إلى الكوكبة التالية، ومن برج إلى البرج التالي. والبرج الذي ينتسب إليه الشخص هو البرج الذي كانت الشمس بداخله في اليوم الذي وُلد فيه هذا الشخص. سوف نتطرق إلى المزيد عن التنجيم بعد قليل.

خلفية تاريخية

كان أفلاطون مقتنعًا بأن السماء تتحرك تبعًا لقوانين رياضية متناغمة، وكان متأثرًا في ذلك بأفكار الفيثاغوريين، وهم جماعة دينية سرية تعلَّموا أن الرياضيات — بما فيها من أعداد، وأشكال هندسية، ونسبة وتناسب — هي الأساس الحقيقي لكل من الكون والحياة المحكومة أفضل ما يكون. اعتبر أفلاطون ومن تأثروا به حتى العصر الحديث أن «الخالق» هو هَندسيٌّ متمرِّس، غير أن الحركات الشاذة للكواكب بدت لهم غير متسقة مع فكرة العالم الرياضي المنظَّم جيدًا. ومن ثم قال أفلاطون إن حركة تلك الكواكب «تبدو» شاذة فقط، وإنه يوجد تنظيم إلهي لا يظهر أمامنا. ولأنه كان يعتبر الدائرة أكثر الأشكال اكتمالًا وانتظامًا؛ وأن الحركة داخل دائرة تكون بلا بداية ولا نهاية؛ ومن ثم تكون أبدية، فقد تحدَّى تلاميذه أن يفسروا الحركات الظاهرية للكواكب باستخدام توافيق من «الحركات الدائرية المنتظمة». وقد ألهم هذا التحدي الفلكيين على مدار أكثر من ألفَي سنة.

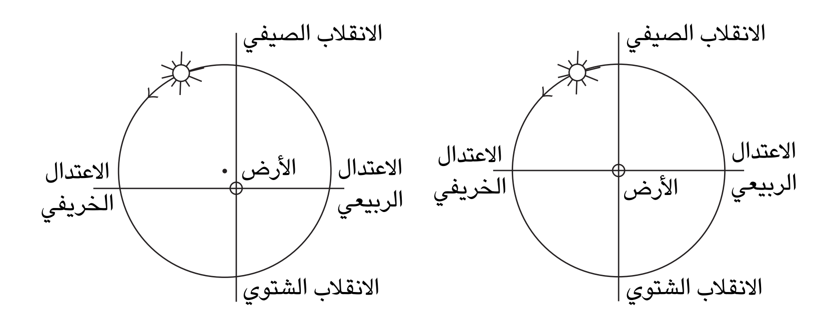
افترض يودوكسوس — أحد تلامذة أفلاطون — أن الكون مكون من دوائر متحدة المركز مثل طبقات نبات البصل، مع وجود الأرض في المركز. تدور كل دائرة بثبات،



شكل ٣-١: مقطع عرضي من صورة مبسطة لنموذج دوائر أرسطو متحدة المركز.

إلا أن كل كوكب يتلقى الحركة المجتمعة لعدة دوائر، وهذا يؤدي (تقريبًا) إلى الحركة الملحوظة. كانت منظومة يودوكسوس نموذجًا رياضيًّا؛ فلم يكترث لما يحدث في السماء من الناحية الفيزيائية، أو هل توجد كرات في السماء بالفعل أم لا، بل كانت الفكرة تفسير الملاحظات رياضيًّا. إلا أن أرسطو أراد نموذجًا فيزيائيًّا؛ فأضفى على دوائر يودوكسوس صبغة حقيقية؛ أي أجسام جامدة تحمل الكواكب (بالمعنى الحرفي)، وفسر كيفية انتقال الحركة من إحدى الدوائر إلى الدائرة التي تليها، مثل تروس ساعة سماوية، وكان إنجازُه تأسيسَ علمَيْ فلكٍ وفيزياء يعملان معًا في تناغم (الشكل ٣-١).

مشكلة نموذج الدوائر متحدة المركز أنه أخفق في تفسير الملاحظات تفسيرًا دقيقًا. فعلى سبيل المثال، تتغير الكواكب في سطوعها وكأنها تكون أقرب للأرض أحيانًا، وأبعد عنها أحيانًا أخرى، فضلًا عن أن فصول السنة ليست متساوية في الطول، ولم يكن هذا ولا ذاك ليَحدُث لو كانت الكواكب محمولة على دوائر تقع الأرض في مركزها (الشكل ٣-٢).

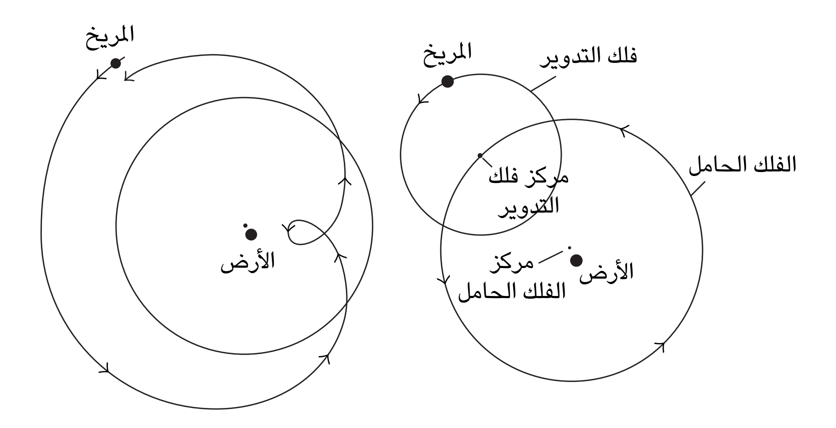


شكل ٣-٢: (إلى اليمين): لو كانت الأرض في مركز دائرة الشمس، كانت الحركة السنوية الظاهرية للشمس ستنقسم إلى أربعة أقواس متساوية، مما سيجعل فصول السنة متساوية الأطوال، لكن الواقع أن فصل الصيف أطول من فصل الشتاء. (إلى اليسار): الأرض البعيدة عن المركز في منظومة بطليموس تقسِّم مسار الشمس إلى أربعة أقواس غير متساوية الأطوال، وهو ما يتطابق تمامًا مع فصول السنة غير متساوية الأطوال. وهذا الترتيب يفسر أيضًا السبب في أن الشمس تبدو أكثر بطئًا في حركتها في فصل الصيف؛ لأنها تكون حينئذ أكثر بعدًا عن الأرض.

تطرَّق الفلكيون لاحقًا إلى هذه المشكلات، وبلغت تلك المحاولات ذروتها في منظومة كلوديوس بطليموس (نحو عام ٩٠ ميلادية–نحو عام ١٦٨ ميلادية). فلكي يحل بطليموس مشكلة عدم تساوي الفصول، استخدم نظامًا لا متراكزًا (أي غير متحد المركز)؛ بمعنى أنه نقل الأرض بعيدًا عن المركز. جعل بطليموس في منظومته لكل كرة مركزها الخاص بها دون أن يتطابق أي منها مع الأرض.

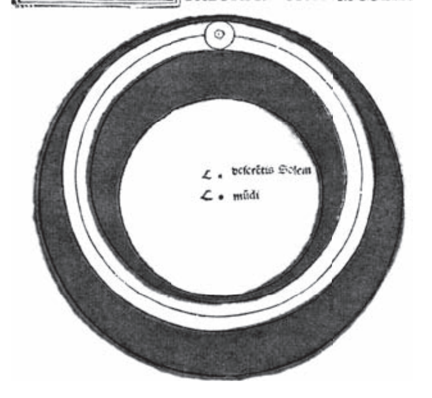
ولكي يفسر بطليموس مواقع الكواكب تفسيرًا أفضل، وليحل مشكلة التغير في درجة سطوعها؛ استخدم «أفلاك تدوير» (الشكل ٣-٣). فكل كوكب يتحرك في مسار دائري صغير يرتكز على — ويُحمَل في دورانه بواسطة — دائرة أكبر (تسمى الفلك الحَامِل) حول الأرض. تتحد حركتا فلك التدوير والفلك الحامل معًا لإعطاء الكوكب مسارًا حلقيًّا يفسر جيدًا الحركات الملحوظة، والتي يكون فيها الكوكب أقرب إلى الأرض أحيانًا، ومن ثم يبدو أكثر سطوعًا.

قدمت منظومة بطليموس توقعات جيدة بشأن مواقع الكواكب، لكنها أرضت المهتمين بالرياضيات أكثر مما أرضت المهتمين بالفيزياء. تقول فيزياء أرسطو إن



شكل ٣-٣: (إلى اليمين): فلك تدوير وفلك حامل لأحد الكواكب في منظومة بطليموس. يتحرك الكوكب عكس حركة عقارب الساعة (وذلك بالنظر إلى القطب الشمالي للأرض) على فلك التدوير، بينما فلك التدوير محمول على الفلك الحامل في حركة عكس اتجاه عقارب الساعة أيضًا. (إلى اليسار): حركة الكوكب الظاهرية الناتجة عن الحركتين المجتمعتين لفلك التدوير والفلك الحامل. عندما يكون الكوكب خارج الفلك الحامل، فإنه يبدو أكثر عتامة وأنه يتحرك من الغرب إلى الشرق؛ وعندما يكون داخله، فإنه يبدو أكثر سطوعًا لأنه يكون أقرب، وحينما يكون أقرب ما يمكن فإنه يتحرك من الشرق إلى الغرب (الحركة التراجعية).

الأجسام الثقيلة تسقط تجاه مركز الكون، وهذا هو السبب وراء وقوع الأرض الكروية في ذلك الحيز، ووراء سقوط الأجسام الثقيلة. لكن الأرض في منظومة بطليموس تبعد عن المركز؛ فلماذا لا تنتقل إلى المركز؟ ولماذا تسقط الأجسام الثقيلة إلى موقع آخر غير المركز؟ هذا التضارب بين النموذج الرياضي والمنظومة الفيزيائية أزعج المؤلفين العرب في العصور الوسطى، في وقت لم تكن فيه أعمال أرسطو وبطليموس معروفة في أوروبا. تبنى العالم العربي الحسن بن الهيثم (حوالي عام ٩٦٥–١٠٤٠) حلًّا وسطًا؛ فتضمنت منظومته كرات مركزها الأرض، وهو ما أرضى الفيزيائيين، لكن هذه الكرات كانت سميكة وصلدة بدرجة تكفي لاحتوائها أنفاقًا دائرية ليست الأرض مركزها تتحرك خلالها الكواكب على أفلاك التدوير والأفلاك الحاملة، وهو ما يفسر ما نراه من مشاهدات (الشكل ٣-٤).


THEORICAE NOVAE PLANETARVM GEORGII PVRBACHII ASTRONOMI CELEBRATISS.

DE SOLE

Ol habet tres orbes a se iuicē omniquaq; diuisos atq; sibi cōtiguos Quo⁊ supræ mus secūdū superficiē conuexā est mūdo cōcentricus: secūdū cōcauā aūt eccētricus Infimns uero secūdū cōcauā cōcentric⁹: sed secūdū conuexā eccētric⁹ Tertius aūt i ho⁊ medio locatus tam secūdū superficiem suā conuexā q̄ȝ concauā est mūdo eccentric⁹. Dicit̄ aūt mūdo cōcētric⁹ or

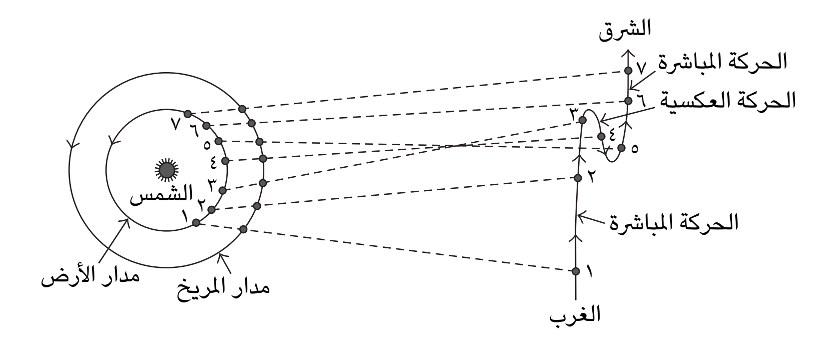
THEORICA ORBIVM SOLIS.

شكل ٣-٤: نسخة معدلة لنموذج ابن الهيثم ذي الكرات السميكة من تبسيط جورج بيورباخ، وردت في طبعات القرن الخامس عشر وما تلاه من الكتاب التعليمي الفلكي «الكرة» لساكروبوسكو. الصورة مأخوذة من طبعة فينيسيا الصادرة عام ١٤٨٨، وتوضح كرة الشمس.[1]

ورث علماء الفلك الأوروبيون في العصور الوسطى هذه الأفكار والمسائل، واستمروا — مثل أقرانهم العرب — في تنقيح المنظومة وتحديثها، واجتهدوا في الحفاظ على أعلى درجات الدقة في التنبؤ بمواقع الكواكب، أو حاولوا — في أحيان أخرى أقل — وضع منظومة مُرضية من الناحية الفيزيائية.

النماذج الفلكية في أوائل العصر الحديث

قضى نيكولاس كوبرنيكوس (١٤٧٣–١٥٤٣) معظم حياته كاهنًا بالكنيسة الكاتدرائية بمدينة فراونبورج (وتسمى حاليًّا فرومبورك في بولندا). درس القانون الكهنوتي في بولونيا والطب في بادوا، وحصل على درجة الدكتوراه في القانون في فيرارا عام ١٥٠٣. وبينما كان في بولونيا بدأ في دراسة علم الفلك، ونحو عام ١٥١٤ كتب ملخصًا لفكرته القائلة إن الشمس — لا الأرض — هي مركز النظام الكوكبي. وفي منظومته شمسية المركز، تدور الأرض حول محورها مرة واحدة يوميًّا، مما ينتج عنه المشهد المألوف من دوران الكون كله حول الأرض، وما يبدو كحركة الشمس خلال دائرة البروج هو في حقيقته انخداع بصري سببه حركة الأرض حول الشمس، وما نلاحظه من حركة تراجعية للمريخ والمشتري وزحل لا تنتج عن حركات هذه الكواكب، بل عن اتحاد حركاتنا وحركاتها كلما تجاوزت الأرض أحد هذه الكواكب في دورانها حول الشمس (الشكل ٣-٥). وحده القمر يدور حول الأرض.



شكل ٣-٥: تفسير كوبرنيكوس للحركة التراجعية لأحد الكواكب الخارجية، أو الأبعد من الأرض عن الشمس (المريخ، أو المشتري، أو زحل). الحركة التراجعية ليست سوى انخداع بصري يحدث حينما تتجاوز الأرض أحد هذه الكواكب.

انتشرت دراسة كوبرنيكوس في مخطوطة، وذاع صيته في مجال الفلك، حتى إنه عام ١٥١٥ حينما كان أحد مجالس الكنيسة يدرس كيفية تحسين التقويم اليوليوسي

القديم — الذي كان يُستخدم منذ عصر الرومان، واحتاج في تلك الآونة إلى إصلاح وتغيير — كتب أعضاء المجلس إلى كوبرنيكوس يلتمسون رأيه (أخبرهم كوبرنيكوس أن طول السنة الشمسية يحتاج إلى تحديد أكثر دقة أولًا). إلا أن كوبرنيكوس كان متحفظًا في نشر شرح كامل لمنظومته، فاستمر في تنقيحها على مدى أكثر من ٢٥ عامًا، ولولا الإلحاح الشديد من جانب العديد من رجال الكنيسة البارزين، لربما لم تكن لتُنشَر أبدًا؛ فعام ١٥٣٣، على سبيل المثال، ألقى يوهان ألبريشت فيدمانستتر — السكرتير الشخصي للبابا — محاضرة عن نظام كوبرنيكوس أمام البابا كليمنت السابع وعدد من الكاردينالات، وكتب كاردينال كابوا نيكولاوس شونبرج إلى كوبرنيكوس:

> علمتُ أنك تقول إن الأرض تتحرك، وإن الشمس تحتل المركز الأدنى؛ ومن ثم فإنها مركز العالم ... وأنك قد أعددت شروحًا لهذه المنظومة الفلكية ... ولهذا فإنني ألحُّ عليك في نقل اكتشافك إلى العلماء.

لكن كوبرنيكوس استمر في تردده، وظل منشغلًا بعمله الكهنوتي، ومُعربًا عن خوفه من انتقادات الآخرين بسبب حداثة منظومته.

عام ١٥٣٨، قَدِم أستاذ فلك صغير السن يدعى جورج يواخيم ريتيكوس مبعوثًا من جامعة فيتنبرج بأمر من ميلانكثون ليَدْرس مع كوبرنيكوس. جمَّع ريتيكوس ملخصًا لأفكار كوبرنيكوس ونشره، وكانت الاستجابة إيجابية للغاية، حتى إن كوبرنيكوس وافق أخيرًا على نشر مخطوطته بالكامل، فدفع بها إلى ريتيكوس ليشرف عليها أثناء الطباعة. شرع ريتيكوس في المهمة التي أُسندت إليه، لكنه حصل بعدها على وظيفة في مدينة لايبسيج، فأسند المشروع إلى قس لوثري يدعى أندرياس أوزياندر. انتهى أوزياندر من عملية النشر، وأخيرًا ظهر كتاب «عن مدارات الأجرام السماوية» عام ١٥٤٣، ووصلت منه نسخة إلى كوبرنيكوس قبل أن يقضي نحبه مباشرة.

لم يسفر ظهور الكتاب عن الانتقاد الذي كان يخشاه كوبرنيكوس. قرأه الناس، لكن لم يقتنع به سوى قليل ممن قرءوه، وربما لم يزد عدد من اقتنعوا بآراء كوبرنيكوس عن اثني عشر شخصًا على مدار ما تبقى من القرن. لماذا؟ لم يكن اتساق منظومة كوبرنيكوس شمسية المركز مع البيانات المستقاة من الملاحظة أفضل بأي حال من المنظومة أرضية المركز، فضلًا عن أنها لم تكن أبسط من الناحية الفيزيائية. الواقع أن كوبرنيكوس اضطر إلى الاستمرار في استعمال أفلاك التدوير والشمس البعيدة عن

المركز لكي يجعل منظومته متسقة مع الملاحظات. والأخطر من هذا أن فكرة تحرك الأرض تناقضت مع أساسيات الفيزياء، ومع المنطق، وربما مع الكتاب المقدس؛ فالأجسام الثقيلة مثل الأرض تسقط طبيعيًّا نحو مركز الكون؛ أي أدنى نقطة فيه، ويفسر مبدأ «المكان الطبيعي» هذا سبب سقوط الأشياء. فكيف تبقى الأرض بكاملها مُعلَّقة بعيدة هكذا عن المركز؟ يشير المنطق إلى أننا لا نتحرك. فلكي تدور الأرض مرة يوميًّا، سيتعين دورانها بسرعة هائلة، لكننا لا نشعر بأي حركة، فضلًا عن أن حركة الطيور والسحب لا تتأثر بسبب الدوران السريع للأرض أسفلها. ناقش بعض مفكري العصور الوسطى احتمالية دوران الأرض، واستنتج نيكول أوريزم (حوالي ١٣٢٥–١٣٨٢) أن جميع الحركات نسبية، وأنه من دون وجود نقطة مرجعية يكون من المستحيل تحديد ما إذا كانت الأرض أم السماء تدور، لكنه استنتج أن الاحتمال الأكبر هو ثبوت الأرض ودوران السماء. قد يذكر قارئو الإنجيل ممن يأخذون النص على ظاهره مقاطع تتحدث عن ثبات الأرض وتحرك الشمس، رغم أن التأويلات تتفاوت كثيرًا. وأخيرًا، إذا كانت الأرض تتحرك حول الشمس، فمن المفترض أن تُظهر النجوم اختلافًا في المنظر؛ أي تغيرًا طفيفًا في مواقعها النسبية الظاهرة كلما تحركت الأرض من أحد جانبي مدارها إلى الآخر، لكن لم يُرصد أي اختلاف في منظر النجوم؛ مما يعني أحد أمرين: إما أن الأرض لا تتحرك، أو أن النجوم بعيدة إلى حدٍّ يتعذر معه رصدها. قدَّر كامبانوس، من مقاطعة نوفارا الإيطالية في القرن الثالث عشر، أن زحل يبعد نحو ٧٣ مليون ميل عن الأرض — وهي مسافة مذهلة حتى للأكثر ترحالًا ممن عاشوا في العصور الوسطى — وأن النجوم الثابتة تقع بعده مباشرة. قدَّر كوبرنيكوس أن كرة زحل تبعد نحو ٤٠ مليون ميل، لكن عدم رصد اختلاف في منظر النجوم كان يعني (طبقًا لحسابات أُجريتْ فيما بعدُ) أن النجوم كانت تبعد ١٥٠ مليار ميل على الأقل. وقد بدا هذا الفراغ الشاسع منافيًا للعقل في رأي قارئي كوبرنيكوس (الواقع أن أقرب نجم إلى الأرض يبعد مسافة تزيد ١٧٠ مرة عن أكثر التقديرات السابقة تواضعًا، التي وُضعت على أساس انعدام الاختلاف في منظر النجوم، وهي ظاهرة لم تُرصد حتى عام ١٨٣٨).

يبدو أن هناك عدة عوامل أقنعت كوبرنيكوس بفكرة مركزية الشمس حتى دون وجود دليل قائم على الملاحظة؛ ففي خطاب الإهداء الذي كتبه كوبرنيكوس إلى البابا بول الثالث، أشار إلى منظومة بطليموس بما فيها من لامركزية، وأفلاك تدوير، وتعامل مع كل كوكب على حدة كأنه «وحش غريب». ولَمَّا كان الكون قد «خلقه أفضل الحرفيين

وأكثرهم تنظيمًا»، على حد قوله، فلا بد أن يكون الكون متناغمًا. رأى كوبرنيكوس — بوصفه مهتمًّا بالإنسانيات — نفسه يتخلص من «إضافات» سابقة ليعود إلى تحدي أفلاطون الأصلي المتمثل في إظهار الطبيعة المنظَّمة للحركات السماوية. وبسبب قلقه من حداثة منظومته، حاول أن يقلل من المظهر التجديدي فيها باقتباس أقوال من سبقوه من القدماء — أمثال أريستارخوس الساموسي، وفيثاغورث — بل إنه أعاد تأويل بعض مقاطع الإنجيل ليعضد فكرة مركزية الشمس.

مع ذلك، يمكن أن يقدِّر المرء نظام كوبرنيكوس من دون أن يعتقد في صحته؛ إذ كان من الأسهل حساب الجداول المستخدمة في تحديد مواقع الكواكب في منظومة شمسية المركز؛ ومن ثم تبنَّاه بعض الفلكيين باعتباره «خيالًا مواتيًا». كوبرنيكوس نفسه قدَّم نظام مركزية الشمس على أنه وصف صحيح للعالم، إلا أن أوزياندر قوَّض هذه الفكرة حينما أضاف خلسةً مقدمة (غير موقَّعة باسمه) إلى كتاب كوبرنيكوس. كتب أوزياندر أننا «جاهلون كل الجهل بالأسباب الحقيقية وراء حركات الكواكب»، وأنه:

> ليس من الضروري أن تكون هذه الفرضيات صحيحة أو حتى مرجحة؛ بل يكفي شيء واحد؛ وهو أنها تعطي حسابات تتوافق مع الملاحظات … لا ينبغي لأحد أن يتوقع شيئًا أكيدًا من علم الفلك؛ لأنه لا يستطيع تقديم مثل هذا الشيء، ولا ينبغي لأحد أيضًا أن يتبنى شيئًا استُحضر لغرض آخر وكأنه حقيقة، مخافة ترك هذا المجال أكثر حمقًا مما كان عليه من قبل.

لو لم يكن قد سبق لكوبرنيكوس الإصابة بسكتة دماغية، لربما كان قد أصيب بها عندما رأى كلمات أوزياندر. استشاط ريتيكوس غضبًا، ومحا مقدمة أوزياندر من نسخته من الكتاب. وهكذا عاد التوتر من جديد بين النماذج الرياضية والنظم الفيزيائية. كان أغلب الفلكيين مهتمين في المقام الأول بمواقع الكواكب في أوقات معينة، ولم يكن يعنيهم هل تدور الشمس حول الأرض أم تدور الأرض حول الشمس، والكثيرون منهم كانوا يتشككون بشأن إمكانية الفصل في ذلك. كان يكفي أي نظرية فلكية أن تقدم جداول وحسابات لمعرفة مواقع النجوم الصحيحة؛ فالنتائج العملية تعلو على النظرية في رأي الكثيرين. ولكي نفهم هذا الموقف، يجب أن ندرك أن القوة الدافعة الأساسية وراء الدراسات الفلكية منذ الزمن السابق لبطليموس كان علم التنجيم؛ وهو نشاط عملي يتطلب القدرة على حساب مواقع الكواكب حسابًا دقيقًا، وعادةً ما يكون هذا قبل عدة سنوات في الماضي، أو بعد عدة سنوات في المستقبل.

التنجيم: علم الفلك التطبيقي

قام علم الفلك («قوانين النجوم») على قياس وحساب مواقع الأجرام السماوية، وافترض أنظمة كونية، بينما حاول علم التنجيم («دراسة النجوم»، على غرار علم الجيولوجيا والأحياء وغيرها) تفسير تأثيرات الأجرام السماوية على الأرض، والتنبؤ بهذه التأثيرات. وبصفة عامة، فقد اضطلع بهاتين المحاولتين (الأولى نظرية والثانية عملية) الأشخاص عينهم؛ فكثير من الفلكيين في الفترة الحديثة المبكرة كانوا يتكسبون في الأساس من الاشتغال بالتنجيم. ولا تخلط بين علم التنجيم في العصور القديمة أو الوسطى أو الحديثة المبكرة وبين ما تقرؤه في صحف اليوم من تفاهات عن خريطة الأبراج. كان التنجيم ممارسة جدية ومعقدة تقوم على فكرة التأثير المؤكد للأجرام السماوية على الأرض، وهو جزء أساسي من مفهوم العالم المترابط. وأغلب علم التنجيم في العصور الوسطى والفترة الحديثة المبكرة لم يكن «سحريًّا» أو خارقًا أو غير منطقي، بل اعتمد على آليات طبيعية هي جزء من الطريقة التي يرتبط بها العالم بعضه مع بعض. يصلنا الضوء من النجوم والكواكب، فلمَ لا يكون هناك تأثير إضافي يصاحب هذا الضوء مثلما يعمل الضوء الصادر عن نار مشتعلة على تدفئة الأشخاص والأشياء على بُعد؟ ومن السهل ملاحظة التأثيرات السماوية على الأرض، مثل: علاقة القمر بحركة المد والجزر، أو ارتباط وضع الشمس في دائرة البروج بتغيرات الطقس السنوية. التأثيرات السماوية على جسم الإنسان واضحة أيضًا مثل تزامن الدورة القمرية مع الطمث في النساء. تبدو حقيقة التأثيرات السماوية واضحة للغاية لا خلاف عليها. أما الخلافات العديدة حول علم التنجيم فكانت تتضمن مدى هذه التأثيرات، وكيفية التنبؤ الدقيق بآثارها. وقد أسفرت منظومة التأثيرات المتشابكة لسبعة كواكب تغير مواقعها باستمرار بالنسبة لبعضها البعض («المراكز الفلكية»)، وتتحرك باستمرار عبر اثني عشر برجًا في دائرة البروج — هي نفسها تمر دائمًا عبر اثني عشر «منزلًا» (مواقع الكواكب بالنسبة للأفق) — عن وجود منظومة بالغة التعقيد. ويمكن تشبيه تعقيد الدلالات والدلالات المضادة والمعروفات والمجهولات في العصر الحديث بمهمة تحديد العوامل المؤدية إلى التغير المناخي على كوكب الأرض، أو التنبؤ بالاتجاهات الاقتصادية المستقبلية. وفيما يتعلق بالأمر الثاني، ربما يكون المنجمون في الفترة الحديثة المبكرة قد حققوا قدرًا أعلى من النجاح.

اشتمل علم التنجيم على عدة فروع متراكبة؛ فعلم التنجيم الأرصادي سعى إلى التنبؤ بالطقس على مدى عام قادم، وكان العديد من ممارسي هذا النشاط — الذين

غالبًا ما كانوا يسمَّوْن «رياضيين»، وهو دليل على الحسابات التي يحتاجها التنجيم — يكسبون قوت يومهم بإعداد روزنامات تحتوي على التقاويم، والدورات القمرية، وتواريخ الكسوف والخسوف، وتنبؤات الطقس (مثل دورية «روزنامة المزارعين» في وقتنا الحاضر)، وتكهنات بأهم الصيحات أو الأحداث. وقد ساعدت الطباعة في انخفاض تكلفة هذه المطبوعات وانتشارها على نطاق واسع. واستخدم الأطباء علم التنجيم الطبي لاقتراح الأوقات الحاسمة للتدخل العلاجي، ومسار الأمراض وأسبابها المحتملة (انظر الفصل الخامس). واستخدم علم التنجيم الولادي مواقع الكواكب وقت ومكان ميلاد المرء لتحديد التأثيرات التي تركتها على الوليد. والخليط المحدَّد من التأثيرات الكوكبية من شأنه أن ينتج «مزاجًا» فريدًا في النظام الخِلطي للإنسان، مما يؤدي إلى ظهور ميول ونزعات معينة. وهذه النزعات (التعرض لأمراض معينة، أو الميل للغضب أو الكسل أو الكآبة وهكذا) يمكن أن تزداد حدتها مؤقتًا بفعل الانتظامات الكوكبية اللاحقة. ومن ثم كان الهدف من هذا العلم التنجيمي الحصول على معلومات عن التكوين الطبيعي لشخص ما؛ لكي نكون مُدركين لمواطن قوته أو ضعفه؛ ولتقديم إشعار مسبق عن الأوقات الخطرة أو الصحية المحتملة. وفي صور أكثر حدة، تداخلت هذه الممارسة مع نوع من التنجيم التحكمي الذي تعرَّض للانتقاد بسبب جبريته التي لا يمكن قبولها، حيث يفترض أن التأثيرات التنجيمية توجِّه أفعالنا ومصائرنا. أدان اللاهوتيون هذه المفاهيم باعتبارها انتهاكًا للإرادة الحرة للإنسان. وقد أجمع العلماء في الفترة الحديثة المبكرة على أن النجوم تجعلنا ننزع لأمور معينة، لكنها لا تجبرنا على شيء، وأن الشخص الحكيم هو الذي يتحكم في النجوم. باختصار، يمكن للبشر اختيار أفعالهم دائمًا، مع أن الممارسة الحرة للإرادة ربما تكون عرضة لتأثيرات خارجية (مثل انخفاض القدرة على التعقل بسبب غضب مؤقت ناتج عن اختلال خِلطي سببه موقع كوكب المريخ). الواقع أنه يمكن عقد مقارنة بين التنجيم في الفترة الحديثة المبكرة، وبين فكرة «الطبع مقابل التطبع» الحالية فيما يتعلق بمحاولاتهما المشتركة لتفسير السلوك الإنساني. والمفارقة أن الفرق الملحوظ بينهما هو ما يبدو على المعاصرين من نسيان سبق الإرادة الحرة.

حاول علم التنجيم التحكمي تحديد التواريخ المواتية للأحداث المهمة؛ فقد استخدم عالِم الرياضيات وممارِس البراعة الطبيعية جون دي (١٥٢٧–١٦٠٨ / ١٦٠٩) علم التنجيم لكي يختار أنسب يوم لتتويج إليزابيث الأولى. ووُضعت خريطة بروج من أجل تأسيس أكاديمية «دي لينشي» — وهي واحدة من أوائل الجمعيات العلمية —

وكذلك لتحديد تاريخ لوضع حجر الأساس لكنيسة سان بيتر الجديدة في روما. كان الاختيار يقع على بعض التواريخ التنجيمية لا للاستفادة من «تأثيرٍ» مُواتٍ، بل لإضافة قيمة إلى الحدث، مثل الطريقة التي اختار بها العلماء الأمريكيون تاريخ هبوط مسبار الفضاء على كوكب المريخ ليتوافق مع الاحتفال بيوم الاستقلال في الولايات المتحدة. وقد سعت صور أخرى من علم التنجيم التحكمي إلى التنبؤ بأحداث مستقبلية مثل الحروب والوفيات. وهكذا ابتعد أولئك المنجمون عن السببيَّة «الطبيعية» التي كان يُعتقد أن علم التنجيم في الفترة الحديثة المبكرة يعمل وفقها. كانت إحدى وسائل التغلب على هذه المشكلة التفكير في أحداث سماوية معينة — المذنبات تحديدًا — لا باعتبارها «أسبابًا»، بل باعتبارها «نُذُرًا»؛ أي علامات مُرسَلة من السماء لأحداث ستقع. وكان الاهتمام بتلك النذر السماوية ملحوظًا أكثر في الشمال؛ أي أوروبا البروتستانتية. وأحدُ أسبابِ ذلك مقدمةٌ كتبها فيليب ميلانكثون للطبعات البروتستانتية من كتاب «الكرة» لساكروبوسكو — وهو كتاب تعليمي أساسي في علم الفلك — حيث أكد فيها على أهمية التنجيم في قراءة علامات الرب في السماء. واختصارًا، كان علم التنجيم بأنواعه المختلفة مصدرًا لمعلومات مفيدة من أجل حياة أفضل. ويؤكد انتشاره في الفكر في العصر الحديث المبكر كيف أن العالم فوق القمري كان يمثل نصف العالم اليومي للبشر.

التغيرات السماوية والتناغمات الإلهية

ساهمت الاهتمامات التنجيمية بالنذر السماوية في الظهور الأول للفلكي والنبيل الدنماركي تيكو براهي (١٥٤٦–١٦٠١)؛ ففي نوفمبر ١٥٧٢، شاهد تيكو جسمًا لامعًا في مجموعة نجوم «كاسيوبيا» حيث لا يُفترض وجود أي أجسام لامعة. تعجَّب تيكو وتساءل عن ماهية هذا الجسم وما يعنيه. وفي روزنامته التنجيمية لعام ١٥٧٣، حاول جاهدًا تفسير هوية هذا الجسم، وخلص إلى أنه نذير إلهي بتغيرات عنيفة ستحل في المستقبل. راقب تيكو تلك النقطة الضوئية اللامعة، فلاحظ أنها لا تتحرك مثلما يفعل المذنب مثلًا. حاول هو وآخرون في أنحاء أوروبا أن يقيسوا اختلاف المنظر اليومي لهذا الجسم ليحددوا بُعده عن الأرض، لكنهم لم يقيسوا أي اختلاف؛ بمعنى أنه كان أبعد بكثير جدًّا عن القمر — في العالم فوق القمري كان يُعتقد أن العالم لا يتغير — لكنه كان نجمًا جديدًا (ما شاهده تيكو كان مستعرًا أعظم (سوبر نوفا supernova)، وقد حُدِّد موقع البقايا المتمددة لذلك الانفجار العنيف عام ١٩٥٢. ولفظ nova مأخوذ من

المصطلح اللاتيني الذي أطلقه تيكو على ذلك الجسم السماوي؛ وهو stella nova أو النجم الجديد).

بعد ذلك بقليل، وتحديدًا عام ١٥٧٧، ظهر مذنب لامع. كان أرسطو قد درَّس أن المذنبات — مثل الشهب والنيازك — ظواهر تحت قمرية تنتج عن اشتعال أبخرة سريعة الاشتعال في طبقات الجو العليا. ولأنها أجسام شاردة متغيرة، فإنه لم يكن لها مكان في العالم فوق القمري الثابت. على الصعيد التنجيمي، استنتج تيكو أن المذنب الذي ظهر عام ١٥٧٧ هو استمرار للتحذير الذي أطلقه النجم الجديد، لكنه رصد في هذه المرة اختلافًا يوميًّا في منظر المذنب. وأشارت قياساته — التي أكدها آخرون — إلى أن المذنب كان بعيدًا للغاية عن القمر؛ تحديدًا في كرة الزهرة. ولاحظ تيكو نفس الشيء عام ١٥٨٥ حينما ظهر مذنب لامع آخر. وقدمت هذه المذنبات دليلًا آخر على وجود تغيرات في السماء «الثابتة»، ودلَّت مواقعها على أنها كانت تمر «عبر» الكرات الكوكبية، مما يعني أنه لا توجد كرات صلدة تحرِّك الكواكب. فما الذي يُبقي الكواكب إذن في مساراتها المنتظمة؟ إن هذا التحرر العجيب للكواكب من فكرة الكرات الصلدة يعني أن مسارات الأجرام السماوية يمكن أن يتقاطع بعضها ببعض؛ وهو ما أدى بدوره إلى وضع تيكو منظومة جديدة للسماء جمع فيها بين ملاحظاته وبين أفضل الأجزاء في منظومتي بطليموس وكوبرنيكوس، مع تلافي الأجزاء المثيرة للاعتراض في كلتا المنظومتين. في منظومة تيكو أرضية شمسية المركز، تبقى الأرض مستقرة في المركز — مثلما يقول المنطق والكتاب المقدس — بينما يدور القمر حولها. ومع ذلك، اعتبر أن الكواكب جميعًا تدور حول الشمس، التي انتقلت مع حاشيتها الكوكبية حول الأرض.

وبينما استمر تيكو — في مرصده الفلكي أورانيبورج الذي بناه على جزيرة هفن بالمضيق الدنماركي — في الرصد والتوصل إلى أدق القياسات للسماء، كان يوهانس كبلر (١٥٧١–١٦٣٠)، أحد أتباع كوبرنيكوس، يخط اكتشافاته المذهلة على الورق؛ ففي التسعينيات من القرن السادس عشر، بينما كان كبلر يدرِّس بإحدى المدارس العليا بمدينة جراتس، انشغل عقله بسؤال لم يكن العلماء المحدثون ليفكروا في طرحه. ففي منظومة كوبرنيكوس تدور ستة كواكب فقط حول الشمس، لا سبعة حول الأرض كما كان يُعتقد من قبل. تتماشى الكواكب السبعة مع أيام الأسبوع السبعة، والمعادن السبعة المعروفة، ونغمات السلم الموسيقي السبعة، وكل المجموعات السباعية المهمة في العالم. للكواكب السبعة انسجام مستساغ يتناسب مع فكرة العالم المترابط؛ أما العدد ستة

فليس كذلك. فلماذا إذن توجد ستة كواكب فقط، ولماذا وضعها الخالق على تلك المسافات بالذات؟ في العالم الحديث المبكر — العالم المليء بالمعاني والغايات — كان لكل شيء رسالة تستحق القراءة والتدبر.

بينما كان كبلر يلقي محاضرة في يوم ١٩ يوليو من عام ١٥٩٥، أدرك فجأة أنه إذا رسم المرء مضلعًا منتظمًا (وليكن مثلثًا، أو مربعًا، أو مخمسًا، إلخ) داخل دائرة، ثم رسم دائرة داخل ذلك المضلع، فسيحصل على دائرتين تتحدد مساحتيهما النسبية حسب شكل المضلع. وفي خضم الشعور بالإثارة، بدأ في حساب النسب التي تحددها المضلعات المختلفة ليرى هل يتوافق أي منها مع النسب الخاصة بالمسافات التي تبعدها الكواكب عن الشمس؛ فلم يتوافق أي منها، لكن هذا لم يفتَّ في عضده، فجرَّب الكرات والمجسمات متعددة الأوجه بدلًا من الدوائر والمضلعات. في هذه الحالة، وبترتيب الكرات والمضلعات ترتيبًا صحيحًا، حصل كبلر على كرات تتطابق مساحاتها مع المسافات التي تبعدها الكواكب عن الشمس، والتي حددتها نظرية كوبرنيكوس. وفضلًا عن ذلك، ولأنه لا توجد سوى خمسة أشكال متعددة الأوجه منتظمة (وهي أجسام صلبة تتطابق جميع وجوهها، ويطلق عليها «المجسمات الأفلاطونية»؛ وهي: رباعي الأوجه، والمكعب، وثماني الأوجه، والاثنا عشري الأوجه، وعشريني الأوجه) يمكن استخدامها كفواصل، فإن هناك ست كرات لا غير؛ ومن ثم ستة كواكب بالتحديد. كان هذا اكتشافًا مذهلًا في نظر كبلر؛ إذ اكتشف السبب وراء عدد الكواكب وأبعادها، وكشف عن بنية هندسية للسماء مثل جمالها الأخَّاذ أفضل دليل على صحة منظومة كوبرنيكوس. لا يمكن لهذا الترابط اللافت للنظر أن يكون عشوائيًّا، وكبلر اكتشف المخطط الرياضي الذي بنى الخالق السماء على أساسه.

يضرب كبلر مثلًا على وحدة البحث الإنساني التي كانت مألوفة في الفترة المبكرة من العصر الحديث؛ فالبحث اللاهوتي والعلمي لا ينفصل أحدهما عن الآخر: فدراسة العالم الفيزيائي تعني دراسة خلق الله، ودراسة الله تعني التعرف على العالم. والواقع أن اقتناع كبلر بنظرية كوبرنيكوس يرجع في جزء منه إلى أن الكون شمسي المركز يتشابه فيزيائيًّا مع الثالوث المقدس؛ فالشمس المركزية ترمز إلى الله الأب، وكرة النجوم الثابتة التي تتلقى أشعة الشمس وتعكسها ترمز إلى الله الابن، أما الروح القدس — المحبة بين الله الأب والله الابن — فيرمز إليه الفضاء المملوء بالضوء بين الاثنين. وبناءً على فكرة الكتابين (الكتاب المقدس والطبيعة)، كان كبلر ومعاصروه على يقين من أن الله قد ضمَّن

رسائل في بنيان الخلق كي يكتشفها الإنسان. ومن ثم، فإن الدوافع اللاهوتية — أي الرغبة في قراءة هذه الرسائل في «كتاب الطبيعة» — قدَّمت أكبر قوة محركة فردية وراء البحث العلمي طوال الفترة المبكرة من العصر الحديث.

أعلن كبلر عن اكتشافه في كتاب «اللغز الكوني» (١٥٩٦)، وأرسل نسخة منه إلى تيكو براهي. دعا تيكو كبلر للتعاون معه، فرفض كبلر في بادئ الأمر، لكن بعد أن انتقل تيكو إلى بلاط الإمبراطور رودولف الثاني في براغ للعمل مستشارًا إمبراطوريًّا، لحق به كبلر هناك عام ١٦٠٠. وبعد أن توفي النبيل الدنماركي في العام التالي، عيَّن الإمبراطورُ كبلرَ مستشار الرياضيات لديه. كان تيكو قد طلب من كبلر دراسة حركات كوكب المريخ، وبعد بذل جهود مضنية من أجل تحديد مسار له يتفق مع المواقع التي لاحظها تيكو، توصَّل كبلر إلى استنتاج مذهل. لقد وجد أن مواقع ذلك الكوكب يمكن تفسيرها أفضل ما يكون بجعلها تتحرك في «قطع مكافئ» بدلًا من الدائرة، ومن ثم تخلَّى كبلر على مضض عن اعتقاد فلكي عمره ألفي عام من التركيز على الدوائر، لكن بما أن تيكو قد «حطَّم الكرات البلورية»، على حد قول كبلر، فما الذي يحافظ على حركة الكواكب في مسارات بيضاوية؟ افترض كبلر وجود «روح محرِّكة» في الشمس؛ أي قوة تدفع الكواكب في مساراتها. تتضاءل هذه القوة — مثلها مثل ضوء الشمس — كلما بعدت المسافة؛ لذا كلما كان الكوكب بعيدًا عن الشمس كانت حركته أبطأ. وبناءً على ما زعمه ويليام جلبرت (١٥٤٤–١٦٠٣) حديثًا وقتها من أن كوكب الأرض مغناطيس عملاق (انظر الفصل الرابع)، افترض كبلر وجود قوة شمسية ثانية مناظرة للقوة المغناطيسية تجتذب الكواكب عند نقاط معينة، وتطردها عند نقاط أخرى، ويؤدي الجمع بين «الروح المحركة» وبين التأثير المغناطيسي إلى الحفاظ على حركة الكواكب في مدارات بيضاوية، دون الحاجة إلى كرات سماوية حاكمة، فتتحرك الكواكب أسرع حينما تنجذب قريبًا من الشمس، وتتحرك حركة أكثر بطئًا حينما تُدفع بعيدًا عنها. في الوقت نفسه الذي تخلى فيه كبلر عن الحركة الدائرية المتجانسة، سعِد باكتشافه تجانسًا آخر يحل محلها؛ وهو «قانون المساحة المتساوية» الذي يقول إن خطًّا من الشمس إلى أحد الكواكب يقطع مساحات متساوية في أزمنة متساوية كلما تحرك الكوكب. بالمثل، في نفس الوقت الذي ساعد فيه كبلر على تفكيك المنظومة الكونية لأرسطو، فإنه وضع عنوانًا فرعيًّا لكتابه «ملخص علم الفلك الكوبرنيكي» هو «مُلحق» لكتاب «عن السماء» لأرسطو. وهكذا نجد أن الاستمرارية والتغيير، والتجديد والتقليد تميز الفلسفة الطبيعية في الفترة الحديثة المبكرة.

التليسكوبات وحركة الأرض

كان تيكو أعظم المراقبين بالعين المجردة، ومن أواخر هؤلاء المراقبين أيضًا. وبينما كان كبلر يجري حساباته، سمع جاليليو جاليلي (١٥٦٤–١٦٤٢) عن جهاز هولندي يقرِّب الأجسام البعيدة، فصنع جهازًا مطوَّرًا لنفسه، ووجَّهه إلى السماء عام ١٦٠٩، وأينما وجَّه جهازه، الذي سُمِّي فيما بعدُ بالتليسكوب، توصَّل إلى اكتشافات جديدة. وجد جاليليو أن سطح القمر مغطًّى بالجبال والوديان والمحيطات، أو بتعبير آخر وجد أنه يبدو مثل الأرض تمامًا، ومن ثم فهو مكوَّن من نفس العناصر الأربعة، لا من الجوهر الذي تحدث عنه أرسطو. واكتشف أيضًا أربعة أقمار تدور حول المشتري، كأنه نظام كوكبي مصغر، واكتسب لنفسه حظوة وتشجيعًا بأن أطلق على تلك الأقمار اسم «النجوم المديتشية» نسبة إلى كوزيمو الثاني دي مديتشي، دوق توسكانا الأكبر. وجد جاليليو أن كوكب زحل له شكل غريب وكأنه ثلاث كرات مرتبطة معًا، أيضًا وجد أن لكوكب الزهرة أطوارًا مثل القمر. وكان هذا الاكتشاف الأخير أول دليل قوي يفند منظومة بطليموس التي تزعم أن كوكب الزهرة ليس سوى هلال بسبب وقوعه دائمًا بين الشمس والأرض. أثبتت ملاحظة جاليليو كون الزهرة هلالًا أحيانًا ومكتملًا أحيانًا أخرى أن هذا الكوكب يقع أحيانًا بيننا وبين الشمس، وأحيانًا أخرى على الجانب البعيد من الشمس؛ أي إنه، باختصار، يدور حول الشمس. ومن ثم يتعين على الفلكيين أن يختاروا بين منظومتَي تيكو أو كوبرنيكوس (الشكل ٣-٦). وهكذا احتل السؤال الخاص بحركة الأرض — وهي نقطة الخلاف الوحيدة بين تيكو وكوبرنيكوس — أهمية جوهرية.

نشر جاليليو أولى اكتشافاته التليسكوبية في كتاب بعنوان «الرسول النجمي» (١٦١٠)، وأرسله إلى الفلكيين والحكام في أنحاء أوروبا مع بعض التليسكوبات. وجد الكثيرون صعوبة في رؤية ما وصفه جاليليو؛ لأن قوة تكبير العدسة كانت منخفضة، وكان علم البصريات متواضعًا، وكان التليسكوب صعب الاستعمال. تلقى جاليليو مصادقة أولى من الفلكيين اليسوعيين في روما الذين أكدوا ملاحظات جاليليو، وواصلوا العمل عليها، وأقاموا مأدبة على شرفه عام ١٦١١. كتب كريستوف كلافيوس (١٥٣٨–١٦١٢) — أحد كبار الأعضاء بالكلية الرومانية، وواحد من أكثر الرياضيين توقيرًا في أوروبا، ومبتكر التقويم الجريجوري الجديد الذي وضع موضع التنفيذ عام ١٥٨٢ على يد البابا جريجوري الثالث عشر (ولا يزال يستعمل حتى يومنا هذا) — أن اكتشافات جاليليو تتطلب إعادة التفكير في بناء السماء. ورغم أن كلافيوس وكثيرين غيره تمسكوا بفكرة



شكل ٣-٦: مقارنة بين ثلاث منظومات عالمية في الصورة الرمزية الموضوعة في صدر كتاب «المجسطي الجديد» الذي ألفه جيوفاني باتيستا ريتشيولي (بولونيا، ١٦٥١). تزن آستريا — إلهة العدالة عند الإغريق القدماء — منظومتي كوبرنيكوس وريتشيولي (وهي تعديل طفيف لمنظومة تيكو)، بينما يتكئ بطليموس على منظومته التي لم يعد معمولًا بها. (أعلى الصورة): يحمل الملائكة الأطفال الكواكب موضحين الاكتشافات الحديثة: أطوار عطارد والزهرة، وسطح القمر الوعر، وأقمار المشتري، و«مقابض» زحل. تبارك اليدُ الإلهيةُ العالمَ، حيث ترمز أصابعها الثلاثة الممتدة إلى «العدد، والوزن، والقياس» (سِفر الحكمة ١١:٢٠) في تعبير عن الترتيب الرياضي للخلق.[2]

مركزية الأرض، فمن المرجح أن بعض الفلكيين اليسوعيين الأصغر سنًّا قد تحولوا إلى فكرة مركزية الشمس، لكن هذه العلاقات الممتازة لم تتحمل خلافات جاليليو (التي صار فيها سليط اللسان عادة) مع اثنين من الفلكيين اليسوعيين؛ وهما: كريستوف شاينر، حول سبق اكتشاف البقع الشمسية وطبيعتها، وأورازيو جراسي حول المذنبات (إذ كان

جراسي يؤيد تيكو في أن المذنبات أجرام سماوية، بينما أصر جاليليو على أنها مجرد خداعات بصرية تحت قمرية).

ما من حلقة في تاريخ العلم أكثر عرضةً لدس الخرافات وسوء الفهم من موقف جاليليو والكنيسة. نتجت الأحداث عن تشابك بين القضايا الفكرية والسياسية والشخصية كان على درجة من التعقيد، حتى إن المؤرخين ما زالوا يحاولون فكه. إنه لم يكن مجرد صراع بين العلم والدين؛ فقد كان لجاليليو أنصار وخصوم داخل الهيئة الكنسية وخارجها. كانت الأحداث ترتبط بمشاعر امتهان ومؤامرات سياسية، ومَن المؤهَّل لتفسير الكتاب المقدس، والوجود في المكان غير المناسب في الوقت غير المناسب، وبالتورط في خلافات الأحزاب الكنسية. أما الشرارة الأخيرة فكانت نشر جاليليو عام ١٦٣٢ كتابًا بعنوان «حوار حول منظومتَي العالم الرئيستين»، قارن فيه بين منظومتي بطليموس وكوبرنيكوس، واختار بوضوح المنظومة الكوبرنيكية على أنها صحيحة، وأن الأرض تتحرك. كان الدليل الرئيس لدى جاليليو هو فكرته عن أن حركة الأرض تسبب المد والجزر. وقد كان مخطئًا رغم كونه محقًّا بشأن حركة الأرض، ولم تغامر الكنيسة بتأييد صحة أي من المنظومتين؛ فلم تكن فكرة مركزية الأرض أو المذهب الأرسطي معتقَدًا لدى الكنيسة في أي وقت من الأوقات. لكن كان رهانها على التفسير الإنجيلي، ولم يكن لفكرة الأرض المتحركة تبعات على التفسير فحسب، لكن جاليليو كان قد تورط بلا رويَّة في هذا الأمر في بدايات العقد الثاني من القرن السابع عشر من أجل دعم أفكاره. وهذا التساهل مع الكتاب المقدس يشبه الرخصة التي اتُّخذَت في عصره من جانب البروتستانت لرفض التفاسير التقليدية بما يصب في صالح تفاسيرهم الشخصية. ونتيجةً لذلك؛ طُلب من جاليليو — وهو ما وافق عليه — عام ١٦١٦ بأن يتعامل مع مركزية الشمس وحركة الأرض كافتراض لا كحقيقة إلى أن يظهر دليل يمكن الاستشهاد به. وعام ١٦٢٤ حصل جاليليو من صديقه مافيو باربريني — البابا أوربان الثامن وقتئذٍ — على إذن بتأليف كتابه «حوار»، بشرط أن يتضمن الكتاب رأي البابا المنهجي القائل إن أي ظاهرة طبيعية (مثل المد والجزر) يمكن أن تكون لها أسباب محتملة عديدة قد لا يكون بعضها معروفًا، ومن ثم لا يمكن أن نُرجعها إلى سبب واحد نكون على يقين منه. أذعن جاليليو، لكنه وضع رأي البابا في الصفحة الأخيرة من الكتاب، وعلى لسان الشخصية التي أدت دور الأحمق طوال الكتاب. أيضًا «تجاهل» جاليليو إخبار أوربان بالاتفاق الذي عقده عام ١٦١٦. عندما صدر الكتاب (بموافقة من المرخِّصين والمراقبين في الفاتيكان)، وظهرت

تلك الحقائق في دائرة الضوء، استشاط أوربان غضبًا، وشعر بأنه قد تعرض للخديعة والإهانة. ومما زاد الأمور سوءًا أن هذه المشكلة البسيطة قد حدثت بينما كان أوربان منكسرًا بفعل المفاوضات الدبلوماسية المتعلقة بحرب الثلاثين عامًا الجارية، وبفعل الانتقادات المتزايدة، ومحاولات عزله من منصبه، وشائعات موته الوشيك. قضت محكمة التفتيش بشطب الدعوى ضد جاليليو بحيث يعود إلى بيته بعد الاكتفاء بتوبيخه، إلا أن البابا الغاضب رفض ذلك، وأصر على أن يجعل من جاليليو عبرةً لمن يعتبر. أُمر جاليليو بإنكار فكرة حركة الأرض، وهو ما فعله، وحُظر كتابه. ومما يستحق الذكر أن عددًا من الكاردينالات، من بينهم ابن شقيق أوربان، رفضوا توقيع الحكم الصادر ضد جاليليو. ولم يحدث قط أن أُدين جاليليو — مثلما يشاع — بالهرطقة، أو سُجن، أو قُيِّد بالسلاسل.

انتهى الأمر بجاليليو بوضعه رهن الإقامة الجبرية في منزله بمنطقة تلال توسكانا، وهناك استمر في العمل وتدريب الطلبة، وألَّف كتابًا ربما يكون من أهم كتبه، وهو كتاب «عِلمان جديدان». ومن الصعب تقدير أثر الحكم الذي صدر ضده. فمن ناحية، أسفر الحكم عن تردد بعض الفلاسفة الطبيعيين في التعبير عن اقتناعهم بأفكار كوبرنيكوس. أيضًا تسببت الأخبار المتداولة عن إدانة جاليليو في امتناع رينيه ديكارت (١٥٩٦–١٦٥٠)، على سبيل المثال، عن استكمال كتاب حديث يتبنى فكرة مركزية الشمس. أصبح المنتمون إلى الكهنوت المقدس الكاثوليكي — مثل اليسوعيين — عاجزين عن تأييد أفكار كوبرنيكوس علنًا، ومن ثم تبنوا منظومة تيكو أو صورًا معدَّلة منها (الشكل ٣-٦)، وإن كان ذلك على مضض في بعض الأحيان. ومن الناحية الأخرى، استمر البحث العلمي — بما في ذلك علم الفلك — في إيطاليا ودول كاثوليكية أخرى، مع تفادي الموضوعات الشائكة أحيانًا.

بعد حركتي النهوض الفكريتين في الجيلين السابقين، شهد منتصف القرن السابع عشر تطورات تتعلق بالملاحظة، وأخرى تقنية في الفلك أكثر من التطورات النظرية. أصبح القس الفرنسي بيير جاسندي (١٥٩٢–١٦٥٥) أول من يشهد مرور عطارد عبر قرص الشمس عام ١٦٣١؛ وهو حدَثٌ كان محلَّ توقع من كبلر الذي توفي عام ١٦٣٠. أدت التليسكوبات المتطورة إلى اكتشافات جديدة وقياسات أفضل، لكن الحاجة إلى تجنب الانحرافات الناتجة عن الحيود الكروي واللوني كانت تعني أن التليسكوبات لا بد وأن تكون أكثر طولًا وثقلًا؛ فأحيانًا كان يصل طولها إلى أكثر من ثمانية عشر مترًا.

ورغم ذلك، اتُّفق على أن الشكل الغريب لكوكب زحل هو نظام حلقي، واكتُشفت أكبر أقماره على يد كريستيان هويجنز (١٦٢٩–١٦٩٥) عام ١٦٥٦. أضاف جيان دومنيكو كاسيني (١٦٢٥–١٧١٢) — الذي كان يعمل في باريس، مستخدمًا التليسكوبات الأكثر تطورًا التي صنعها خبير البصريات الروماني، جيوسيبي كامباني — أربعة أقمار أخرى، وأطلق عليها «النجوم اللودوفيكية»، نسبة إلى الملك لويس الرابع عشر. وأصدر اليسوعي جيوفاني باتيستا ريتشيولي (١٥٩٨–١٦٧١) دليل نجوم مصور جديد، وأعدَّ — بمساعدة رفيقه فرانشيسكو ماريا جريمالدي (١٦١٨–١٦٦٣) — خريطة قمرية تفصيلية يظهر بها الكثير من الأسماء التي لا تزال تُستعمل حتى يومنا هذا، ومنها تسمية واحدة من أشهر الفوهات البركانية باسم كوبرنيكوس. وفي مدينة جدانسك، أعدَّ يوهان هيفلياس (١٦١١–١٦٨٧) — المرجح أنه آخر شخص أجرى قياسات دقيقة مستخدمًا كلًّا من التليسكوب والعين المجردة — خريطة قمرية، فضلًا عن ملاحظته المذنبات ومشاركته في نقاش امتدَّ في جميع أنحاء أوروبا عما إذا كانت حركتها مستقيمة أم منحنية في مدار حول الشمس.

ظل الاهتمام موجَّهًا إلى المشكلة المتعلقة بكيفية استمرار الكواكب في التحرك في مدارات ثابتة دون مساعدة كرات صلدة. اقترح ديكارت نظامًا عالميًّا شاملًا أصبح واحدًا من أهم النظم المقترحة في القرن السابع عشر؛ فقد تصور أن كل الفضاء ممتلئ بدقائق من المادة بالغة الصغر حتى إنه يتعذر رؤيتها. افترض أن هذه الدقائق تتحرك دائمًا في تيارات دائرية أو دوامات، وأن نظامنا الشمسي كان دوامة عملاقة من هذه الدقائق التي حملت الكواكب في دورانها مثل دوامة تحمل معها قطعًا من القش. وهذا النموذج الدوار يفسر بدقة سبب تحرك كل الكواكب في نفس الاتجاه، وتقريبًا في نفس المستوى. الأرض نفسها تقع في مركز دوامة أصغر تُبقي على حركة القمر في مداره، ودوران المادة حول الأرض كوَّن «رياحًا» تدفع الأشياء تجاه مركز الأرض، ومن ثم تحدث ظاهرة الجاذبية. قدَّمت نظرية الدوامة لديكارت تفسيرًا معقولًا للحركات السماوية، وانتشرت على نطاق واسع في المباحثات العامة والكتب الدراسية، لكنها ظلت تفتقر إلى درجة الدقة التي تجعلها ذات فائدة عملية للفلكيين.

تبنى شاب يُدعى إسحق نيوتن (١٦٤٣–١٧٢٧) نظرية الدوامة التي وضعها ديكارت. ولأنه كان طالبًا بجامعة كامبريدج في مطلع الستينيات من القرن السابع عشر، فقد درس أعمال أرسطو التي ظلت نصوصًا أساسية يدرسها الطلبة في معظم الجامعات،

لكنه سرعان ما بدأ يقرأ خارج المنهج الدراسي حيث أفكار «المحدثين» مثل ديكارت. تبنى نيوتن نسخة معدَّلة من مبادئ ديكارت لكل من الحركات الكوكبية والجاذبية، لكن بحلول مطلع الثمانينيات كان نيوتن قد بدأ يفكر تفكيرًا مختلفًا، فطرح فكرة دوامات ديكارت جانبًا، وبدأ يفكر في وجود قوة جاذبة بين الشمس والكواكب، وكانت أمامه مصادر عدة لهذه الفكرة أشهرها ظاهرة المغناطيسية المعروفة والقوة «شبه المغناطيسية» بين الشمس والكواكب التي افترض كبلر وجودها. الجمع بين «الروح المحركة» وهذه المغناطيسية لدى كبلر أسفر عن المدارات البيضاوية للكواكب. أما لدى نيوتن، فربما يكون التوازن بين القصور الذاتي وبين قوة الجذب تجاه الشمس هو ما ينتج المدارات البيضاوية الثابتة. كان الكثيرون من أعضاء الجمعية الملكية في لندن يعملون على أفكار مشابهة لتفسير الحركة الكوكبية، وأشهرهم روبرت هوك (١٦٣٥–١٧٠٣)، الذي كتب إلى نيوتن بشأن أفكاره في عامي ١٦٧٩ و١٦٨٠، لكن شكوى هوك اللاحقة من استيلاء نيوتن على فكرته دون أن ينسب إليه حقه جعلت نيوتن مفرط الحساسية يمحو أي ذكر لهوك من كتاباته، ويعامله بعداء طوال ما تبقى من حياته. وكان الإنجاز الكبير لنيوتن — الذي نشر في كتابه «المبادئ الرياضية للفلسفة الطبيعية» (١٦٨٧) — أنه وباستخدام الرياضيات البحتة أعاد استنباط قوانين الحركة الكوكبية التي كان كبلر قد استنبطها تجريبيًّا من مشاهدات تيكو، وأنه جعل الجاذبية كونية، بمعنى أنها توجد تبادليًّا بين جميع أجزاء المادة. ولعل كبلر كان سيسعد بذلك بلا شك؛ فها هو دليل آخر على الخطة الرياضية المتناغمة التي خلق الله الكون على أساسها. ألغى قانون نيوتن للجاذبية الكونية آخر بقايا التمييز السابق بين الفيزياء الأرضية والسماوية؛ إذ يحكم القانون نفسه دوران الكواكب وسقوط التفاحة.

لم يُرضِ ذلك الجميع؛ فبإحياء فكرة قوى التجاذب بدا نيوتن وكأنه يبعث الحياة في فكرة غير رائجة على مدى ٧٠ عامًا. ففكرة وجود قوة غير مرئية وغير مادية دون آلية أو سبب يمكن تحديده بين جميع الأجسام لم تكن فقط أقل منطقية من دوامات ديكارت، لكنها بدت للكثيرين عودةً إلى «الخصائص الخفية» التي تبناها أتباع أرسطو، أو التأثيرات التبادلية للسحر الطبيعي. والحق أن أكثر أعمال الفلسفة الطبيعية تقدمًا في النصف الثاني من القرن السابع عشر كان محاولة تفسير ما بدا وكأنه قوى تجاذب وتأثر بفعل تبادل ميكانيكي لدقائق غير مرئية (انظر الفصل الخامس). الآن بدا نيوتن وكأنه يعيد الساعة إلى الوراء.

اتَّهم جوتفريد فيلهلم لايبنتس (١٦٤٦–١٧١٦) — الذي شنَّ عليه نيوتن هجومًا حول السبق في اختراع حساب التفاضل والتكامل — «خاصية الجذب الخفية» لنيوتن بأنها «تربك مبادئ الفلسفة الحقيقية» وتعيدها إلى «عصور الجهل الغابرة». وبينما أكد المدافعون عن نيوتن على أن قوى التجاذب مجرد خاصية أساسية للمادة، فقد أراد نيوتن نفسه التوصل إلى سببها، إلا أن أسلوبه في تعقب هذه الإجابة يذكِّرنا بأن نيوتن لم يكن «عالمًا معاصرًا» وُلد عرضًا في القرن السابع عشر. اعتبر نيوتن — بتواضعه الجم — نفسه أنه لم يفعل شيئًا سوى إعادة اكتشاف قانون الجاذبية الكونية الذي كان معروفًا لدى القدماء. ولأن نيوتن كان يؤمن بفكرة «الحكمة المقدسة» — وهي فكرة رائجة بين كثير من المهتمين بالإنسانيات في عصر النهضة عن «حكمة أصلية» كشف عنها الرب منذ دهور، لكنها فسدت على مر الزمان — فقد بذل جهدًا كبيرًا من أجل تفسير الأساطير الإغريقية، وفقرات الإنجيل، ومجموعة أسرار «الهرميتيكا»؛ ليوضح أنها تخفي أفكارًا عن البناء الخفي للكون، بما فيها قانون التربيع العكسي للجاذبية الذي وضعه. ويبدو أن نيوتن قد اعتقد — وآمن أن «القدماء» قد اعتقدوا هم أيضًا — أن الجاذبية هي نتيجة عن فعل الله المباشر والمستمر في الكون. ومثل كبلر — الذي ظن أنه كشف عن النموذج الأولي الهندسي لخلق الكون — اعتبر نيوتن نفسه مختارًا لاستعادة المعرفة القديمة؛ وليس المعرفة العلمية فحسب. قضى نيوتن سنوات من عمره في الدراسات اللاهوتية والتاريخية، معتقدًا أن الديانة المسيحية — مثل كل المعارف الأخرى — قد فسدت على مر الزمان، وحاول استعادة لاهوتها الأصلي المزعوم الذي لم يتضمن، على سبيل المثال، ألوهية المسيح. وبالمثل، جدَّ في دراسة التقسيم الزمني القديم، وأحد أسباب ذلك رغبته في الحصول على تواريخ تقديرية يمكن الاعتماد عليها في تفسير النبوءات الإنجيلية بشأن نهاية العالم. ونعود هنا مجددًا إلى المنظور الأوسع والأشمل للفلسفة الطبيعية بالنسبة إلى منظور العلم الحديث. نظر نيوتن إلى «مهمة الفلسفة الطبيعية على أنها استعادة المعرفة بالنظام الكامل للكون، بما فيه الله بوصفه الخالق، وبوصفه المهيمن الباقي.»

هوامش

(1) Courtesy of the Johns Hopkins University, The Sheridan Libraries, Rare Books and Manuscripts Department.

(2) Courtesy of the Division of Rare and Manuscript Collections, Cornell University Library.

الفصل الرابع

العالم تحت القمري

بينما كان الكثيرون من الفلاسفة الطبيعيين في الفترة الحديثة المبكرة ينظرون إلى أعلى شطر السماء، كان أكثرهم ينظرون بعين جديدة إلى الأشياء على سطح الأرض. كان العالم تحت القمري هو عالم الأرض بعناصرها الأربعة — التراب والماء والهواء والنار — وعالم التغيير، والاستحداث والفناء؛ عالم ديناميكي من التحولات التي لا تتوقف. تسقط العناصر الثقيلة (التراب والماء) والأجسام الثقيلة تلقائيًّا نحو أدنى نقطة في الكون — أي مركزه — حيث الأرض ساكنة. أما العناصر الخفيفة (الهواء والنار) فتتحرك لأعلى نحو القمر، وهو الحد الأعلى للعناصر الأربعة. ومن ثمَّ يجد كل عنصر «مكانه الطبيعي» في منظومة الأشياء عن طريق «حركة طبيعية» مبنية على وزنه أو خفَّته. وقد فسر هذا النظام الأرسطي السبب في أن الصخور والأمطار تسقط للأسفل، بينما يتصاعد الدخان ويتجه لهب الشمعة دائمًا للأعلى. في العالم فوق القمري، على العكس من هذا؛ تتكون الأجرام السماوية من الجوهر الذي — لكونه غير ثقيل أو خفيف — لا يتحرك لأعلى ولا لأسفل، ولكن يتحرك حركة دائرية مستمرة حول الأرض. وقد أعاد علماء الفترة الحديثة المبكرة دراسة الأرض وعناصرها، وعمليات التغيير والحركة بها، ووضعوا مجموعة من النظم لتقديم تفسير منطقي للأشياء. بعض هذه النظم كان يهدف في وضوح إلى أن يكون بديلًا عن المنظور الأرسطي للعالم، بينما حاول البعض الآخر تنقيحه فقط، والحقيقة أن كل النظم الجديدة لم تكن خالية تمامًا من تأثير أرسطو. ولم تكن نتيجة ملاحظة العالم تحت القمري، واختباره، وإعادة تكوين مفاهيم خاصة به هي الصياغة التدريجية لوجهة نظر عالمية واحدة تؤدي إلى منظور علمي حديث، وإنما ابتكار نظم عالمية متنافسة ظلت تتدافع فيما بينها طوال القرن السابع عشر من أجل الاعتراف بها، وبتفوق بعضها على بعض.

الأرض

اعتبر الفلاسفة الطبيعيون في الفترة الحديثة المبكرة أن كوكب الأرض — مثل باقي أجزاء الكون — عمره بضعة آلاف من السنين فقط؛ فالتسلسل الزمني الوارد في الإنجيل — أقدم النصوص المتاحة — يُرجِع النسل البشري إلى نحو ٦ آلاف عام. وبينما فسَّر بعض القراء سفر التكوين (١) بأنه يصف تسلسلًا زمنيًّا حرفيًّا يشمل ستة أيام (كل منها ٢٤ ساعة) من الخلق (وهذا التأويل الحرفي رفضه القديس أوجستين في القرن الخامس)، فإن أحدًا لم يفكر جديًّا في أن تاريخ الأرض قبل البشر يمتد زمنيًّا إلى ما هو أبعد من ذلك. وتشير أكبر التقديرات إلى أن تاريخ الخلق يساوي نحو ١٠ آلاف عام. ولم يكن ذلك الموقف عقيدة مسلَّمًا بها، بل كل ما في الأمر أنه لم يكن يوجد دليل يجعل المرء يفكر في شيء آخر. وقد ظهرت فكرة التاريخ الجيولوجي في أعمال نيلز ستينسن (١٦٣٨–١٦٨٦) المعروف أكثر باسمه اللاتيني نيكولاس ستينو. وُلد ستينو في الدنمارك، وكرَّس نفسه في البداية لدراسة علم التشريح، واشتهر بمهارته فيه؛ حيث توصل إلى اكتشافات مهمة؛ مثل الممر اللعابي الذي يعرف اليوم باسم «قناة ستينسن». ومثل كثيرين غيره من الفلاسفة الطبيعيين في عصره، تنقَّل بين مراكز التعليم الأوروبية، والتقى بغيره من الفلاسفة الطبيعيين، وتبادل معهم المعارف الجديدة. وفي الستينيات من القرن السابع عشر، استقر ستينو في فلورنسا تحت رعاية «مديتشي»، وتحول اهتمامه نحو طبقات الصخور التي نراها في تلال توسكانا والأصداف المطمورة فيها. وقد استنتج أن هذه الطبقات لا بد وأنها كانت في السابق طينًا طريًّا تراكم تدريجيًّا بفعل الترسيب، ومن ثم لا بد أن تكون الطبقات السفلى أقدم عمرًا من العليا. وذكر أيضًا أنه حيثما لا تكون تلك الطبقات أفقية، فلا بد أن خللًا قد أصابها بعد أن كانت قد تصلَّبت. ولم تدفع هذه الاستنتاجات ستينو إلى إعادة النظر في تقديرات عمر الأرض بالزيادة — فالطين يمكن أن يتصلب متحولًا إلى قرميد في وقت قصير نسبيًّا — لكنها أشارت إلى أن سطح الأرض تعرَّض لتغيرات هائلة، وأن الصخور تحتفظ بسجلٍّ لهذه التغيرات.

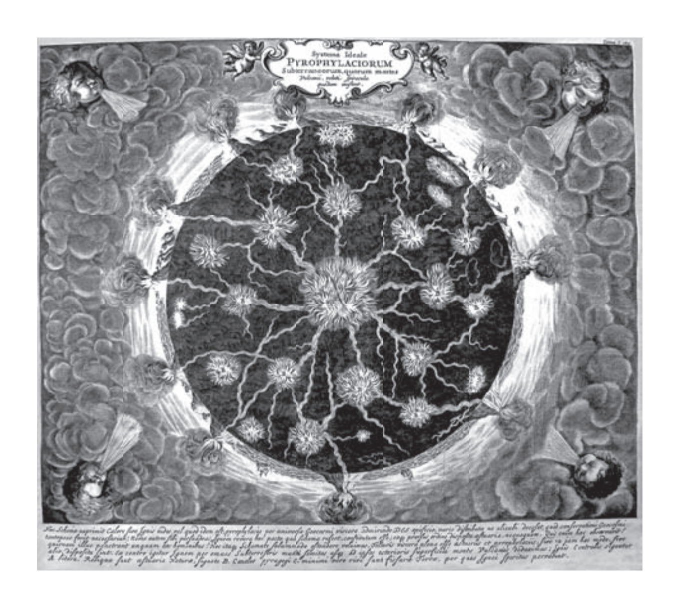
في نهاية القرن، استخدم مؤلفون عدة — لا سيما في إنجلترا — العمل الذي قام به ستينو أساسًا في تجميع «تواريخ كوكب الأرض» من أجل تفسير مظهره الراهن. استشهد أغلب هؤلاء بالكوارث العالمية بوصفها عوامل مسبِّبة، ومزجوا الروايات الإنجيلية والتاريخية بالملاحظات والأفكار الفلسفية الطبيعية. قدَّم كتاب «النظرية المقدسة للأرض» (ثمانينيات القرن السابع عشر) لتوماس بيرنت ستة عصور جيولوجية تتخللها أحداث

إنجيلية كارثية. وافترض إدموند هالي ووليام هيستون (١٦٦٧–١٧٥٢) — وكلاهما من زملاء نيوتن — أن بعض المذنبات التي اصطدمت بالأرض كانت عوامل أساسية في تشكيل تاريخ الأرض، فتسببت في أحداث من نوعية انحراف الأرض عن محورها وطوفان نوح.

درس العالم اليسوعي الموسوعي أثناسيوس كيرشر تغيرات سطح الأرض من مصدرها الأصلي؛ فبينما كان في صقلية عام ١٦٣٨ شهد زلزالًا عنيفًا وثوران بركان جبل إتنا. لم تكن الأنشطة البركانية موضوع دراسة في السابق، ويرجع هذا بدرجة كبيرة إلى أن بركان جبل فيزوف — البركان الوحيد النشط على الأراضي الأوروبية — ظل خامدًا على مدى أكثر من ثلاثمائة سنة قبل ثورانه المفاجئ والمدمر عام ١٦٣١. سافر كيرشر ليراقب ذلك الثوران البركاني أثناء استمراره، ونزل بالفعل فوهة البركان النشطة ليحصل على مشهد أكثر وضوحًا، ولاحظ كيف أن النشاط البركاني دمَّر جبالًا قديمة وأقام جبالًا جديدة، مما غيَّر من شكل الأرض تغييرًا هائلًا. وقد أَرجعَ الحرارة البركانية إلى اشتعال الكبريت والبيتومين والنترات (خليط قريب الشبه بالبارود) تحت سطح الأرض. وبملاحظته أن كمية النار والصخور المنصهرة المنبعثة أكبر من أن تكون قد خرجت من الجبل نفسه، فقد افترض أن البراكين لا بد وأنها منافذ لنيران هائلة في باطن الأرض. ومن ثم استنتج أن الأرض لا يمكن أن تكون قد تشكَّلت بعد الطوفان من الطين والطمي فحسب على نحو يجعلها لا تختلف عن قطعة من الجبن، بل إن لها بنية داخلية معقدة وديناميكية. تخيل كيرشر باطن الأرض مليئًا بالغرف والممرات (الشكل ٤-١).

بعض هذه الغرف والممرات ينقل النيران إلى المنافذ البركانية من قلب ناري مركزي (لم يحدث قط أن جمع كيرشر حرفيًّا بين ذلك القلب البركاني وبين نار جهنم)، بينما يسمح البعض الآخر بمرور الماء من بحر إلى آخر غالبًا، ويؤدي تدفق كميات هائلة من الماء خلال تلك الممرات إلى حدوث اضطرابات وتيارات محيطية. استطاع كيرشر — عن طريق تجميع بيانات من مصادر عديدة، وبخاصة التقارير المرسلة من بعض المبشرين اليسوعيين — أن يؤلف كتابه الموسوعي «العالم تحت الأرضي» (١٦٦٥)، محتويًا — من بين أشياء أخرى كثيرة — على خرائط عالمية تُظهر التيارات المحيطية، والبراكين، والمواقع المحتملة للممرات الواقعة تحت سطح البحر.

وعلى النقيض من ملاحظة كيرشر لأكثر أحداث الأرض إثارة، أجرى ويليام جلبرت (١٥٤٤–١٦٠٣) تجارب هادئة في بلده للكشف عن ملمح خفي آخر من ملامح كوكبنا



شكل ٤-١: تصور مثالي لباطن الأرض الخفي وبراكينه كما تخيلها أثناسيوس كيرشر في كتابه «العالم تحت الأرضي» (أمستردام، ١٦٦٥).[1]

الأرضي. درس جلبرت — الذي كان يعمل طبيبًا لدى الملكة إليزابيث الأولى — ذلك الشيء الذي يكتنفه الغموض، وهو المغناطيس. يستعرض كتابه «عن المغناطيس» (١٦٠٠) خصائص المغناطيسات، ويسرد التجارب التي أُجريت عليها، ويفرِّق بين الجذب المغناطيسي والقدرة المؤقتة للكهرمان المدلوك على جذب القش (وقد اشتق في وصف الظاهرة الأخيرة كلمة Electrical (أي كهربائي) من الكلمة اليونانية électron ومعناها كهرمان). كانت بعض تجاربه مستوحاة من التجارب التي أجراها بيير دي ماريكورت في الستينيات من القرن الثالث عشر، لكن جلبرت وجَّه دراساته تجاه هدف جديد. كان بيير قد استخدم مغناطيسات كروية أو أحجار المغناطيس — وهي قطع من معدن الماجنيتيت الممغنط بطبيعته — واكتشف أن للمغناطيسات قطبين أطلق عليهما الشمالي والجنوبي. لاحظ جلبرت — الذي استخدم مغناطيسات كروية هو الآخر — أن الإبر الحديدية الموضوعة فوقها تحاكي تمامًا سلوك إبر البوصلة على الأرض. ومن

ثم استنتج أن كوكب الأرض نفسه مغناطيس عملاق لديه قطبان مغناطيسيان أيضًا يجذبان إبرة البوصلة، تمامًا مثل حجر المغناطيس (كان يُظَن سابقًا أن البوصلات تتجه نحو القطب الشمالي «السماوي» لا نحو قطب أرضي). مختصر القول أن جلبرت استخدم حجر المغناطيس الكروي بوصفه نموذجًا للأرض، وعن طريق المقارنة، استنتج أن ما رآه أثناء إجرائه التجارب على الحجر المغناطيسي يسري على كوكب الأرض بأكمله.

كان هدف جلبرت دعم مذهب كوبرنيكوس الذي أربك مفهوم المكان الطبيعي والحركة الطبيعية بالكامل؛ فافتراضه أن الأرض تتحرك وتدور بسرعة مذهلة حول محورها، وأيضًا تدور بعيدًا عن مركز الكون أثار مشكلات محيرة أمام علماء الفيزياء. فلماذا تسقط الأجسام الثقيلة على الأرض رغم أنها لا تقع في المركز؟ وما السبب في دوران الأرض؟ تعيَّن على مؤيدي المذهب الكوبرنيكي التوصل إلى فيزياء جديدة يمكنها إعادة ترتيب هذه الفوضى. ما إن ذكر جلبرت أن للأرض قطبين مغناطيسيين حتى أكد أن هذين القطبين يحدِّدان محورًا «ماديًّا» حقيقيًّا، وباستخدام القاعدة القائلة إن لكل شيء في الطبيعة غرضًا، قال جلبرت إن الغرض من هذا المحور تيسير دوران الأرض. وفوق هذا، فإن التأثير المغناطيسي للأرض يجعلها تنبض بقوة محركة داخلية، تمامًا كما تدفع أحجار المغناطيس الأجسام الحديدية للتحرك. ولا تتسبب هذه «الروح» المغناطيسية للأرض — كما أطلق عليها جلبرت — في اتجاه البوصلات شمالًا فحسب، بل في دوران الكوكب حول محوره. وعلى هذا الأساس، صاغ جلبرت «فلسفة مغناطيسية» تتغلغل فيها التأثيرات المغناطيسية وتتحكم في الكون. وبناءً على المبدأ القائل إن الطاقات المتشابهة تتجاذب، حاولت الفلسفة المغناطيسية حل مشكلة «المكان الطبيعي» بأن افترضت أن قطع الأرض تنجذب بطبيعتها إلى الأرض، بينما تنجذب قطع القمر بطبيعتها إلى القمر. ومن ثم، تسقط الأجسام الأرضية تجاه الأرض بغض النظر عن موقع كوكب الأرض في الكون. وفي النظرية الكونية لجلبرت، تحفظ القوى المغناطيسية النظام في كلا العالمين تحت القمري وفوق القمري. وقد أثَّرت رؤيته تأثيرًا بالغًا في كبلر ونيوتن وآخرين.

الحركة على الأرض

بينما حاولت الفلسفة المغناطيسية أن تفسِّر «سبب» سقوط الأجسام، سعى جاليليو لأن يصف رياضيًّا «كيفية» سقوطها؛ فصمم أسطحًا مائلة وبندولات وغير ذلك من الأدوات اللازمة لدراسة الحركة الأرضية. وكان كتابه «عِلمان جديدان» (١٦٣٨) — الذي

ألفه عندما كان قيد الإقامة الجبرية في منزله — تتويجًا لدراسة الحركة التي بدأها في تسعينيات القرن السادس عشر. اكتشف جاليليو — خلافًا لما ادعاه أرسطو — أن جميع الأجسام تسقط بنفس السرعة بصرف النظر عن أوزانها. وبمنطق بارع قال إنه إذا كانت الكرة التي تُدحرَج للأسفل على سطح مائل تزداد سرعتها، والتي تُدحرَج للأعلى على سطح مائل تقل سرعتها، فإن الكرة التي تُدحرَج على سطحٍ مستوٍ — لا لأعلى ولا لأسفل — ستحتفظ بسرعة ثابتة. وحيث إن هذا السطح «المستوي» على كوكب الأرض سيكون بالفعل السطح المنحني للكرة الأرضية؛ فإن كرة تتدحرج على سطحها الأملس تمامًا ستظل في حركة دائرية إلى الأبد. وباستخدام هذه «التجربة الفكرية»، أعلن جاليليو عن مفهوم القصور الذاتي (بمعنى أن الأجسام المتحركة تستمر في الحركة ما لم يؤثر عليها عامل خارجي)، وكشف حقيقة حركة السماء الدائرية الأبدية؛ ليقضي على فكرة وجود اختلاف بين العالَمين تحت القمري وفوق القمري.

من الناحية المنهجية، تجاهل جاليليو أمرًا على نفس درجة أهمية الأمر الذي اهتم به؛ ففي وصف الحركة لم يشغل جاليليو باله قط بماهية الجسم الذي يتحرك؛ كرة أم سندان أم بقرة. باختصار، تجاهل جاليليو نوعية الأجسام — وهو ما تركز عليها فيزياء أرسطو — واهتم بدلًا من ذلك بكمِّها؛ أي خواصها القابلة للتجريد رياضيًّا. وعن طريق تجريد شيء ما من خصائص الشكل واللون والتركيب، قدم جاليليو أوصافًا رياضية مصبوغة بصبغة مثالية لسلوك هذا الشيء. فاعتبر أن سقوط كرة بنية باردة من البلوط لا يختلف بأي حال من الأحوال عن سقوط مكعب أبيض ساخن من القصدير. اختزل جاليليو كلا الشيئين إلى كيانين مجردين معزولين عن أي سياق يمكن التعامل معهما رياضيًّا. كانت مجموعة تُعرف باسم «حسَّابو أكسفورد» قد بدأت تطبيق علم الرياضيات على الحركة مع مطلع القرن الرابع عشر؛ والواقع أن جاليليو استهل شرحه لعلم الحركيات في كتابه «عِلمان جديدان» بنظرية كانوا قد أعلنوها، إلا أنه زاد على ما فعلوه بأن ربط ربطًا محكمًا بين التجريد الرياضي والملاحظة التجريبية. وبينما كان يجري تجارب كثيرة، كان يستبعد مقاومة الهواء والاحتكاك باعتبارهما خللًا لا يتفق والسلوك الرياضي المثالي الذي يمكن اختباره فكريًّا فقط. ولعل أفلاطون — بفكرته عن عالم يتبع على نحو معيب فقط الأنماط الرياضية الأبدية التي صُمِّم على أساسها — كان سيجد شيئًا يتفق معه في منظور جاليليو (حتى وإن اعترض أرسطو). كتب جاليليو — مستحضرًا الصورة المسيحية لـ «كتاب الطبيعة» — جملة مشهورة قال فيها: إن «هذا

الكتاب العظيم، وأعني به الكون ... إنما كُتب بلغة الرياضيات، ورموزه هي المثلثات والدوائر وغيرها من الأشكال الهندسية التي لولاها سيستحيل على البشر فهم كلمة واحدة منه.» فهذا الأسلوب الذي يقوم على اختزال العالم المادي إلى كيانات تجريدية رياضية، وفي النهاية إلى صيغ ولوغاريتمات — والذي تزعَّمه جاليليو — قد لعب دورًا رئيسًا في إنتاج فيزياء جديدة. وهو ملمح مميز للثورة العلمية.

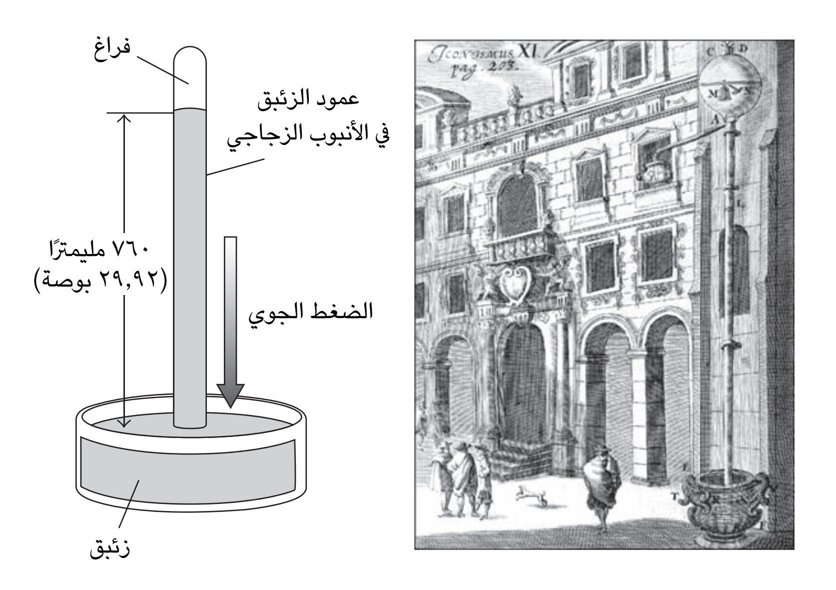
جدير بالذكر أن جاليليو كان قانعًا بوصف الحركة رياضيًّا دون أن يشغل نفسه بالتفكير في سببها. وهذا الملمح الذي اتسم به عمل جاليليو يبتعد بشكل أساسي عن العلم الأرسطي الذي يعتبر أن المعرفة الحقيقية هي معرفة الأسباب. ويمكن تشبيه أسلوب جاليليو بأسلوب مهندس؛ أيْ شخص يهتم بوصف ماهية الشيء والاستفادة منه أكثر مما يهتم بسببه. وهنا نجد أن جاليليو يستلهم من بيئته الإيطالية الشمالية حيث حقَّقت الهندسة والمهندس المطلِّع شهرة كبيرة (انظر الفصل السادس). يوضح كتاب «عِلمان جديدان» أهمية الهندسة العملية؛ فالمتحدثون في الكتاب يلتقون وسط الأعمال الإنشائية في أحواض السفن في فينيسيا، ويناقشون مقاومة الشد والعتبة، ونسب الزيادة ونسب التخفيض في المقاييس، وهي موضوعات ذات أهمية بالغة للمهندسين والمعماريين. ولما كان جاليليو أستاذًا صغير السن بجامعة بادوا، فإنه كان يزيد راتبه الجامعي المتواضع بإعطاء دروس خصوصية في الميكانيكا وأعمال التحصينات. وكانت دراسته اللاحقة لحركة المقذوفات — التي توضح أن المقذوفات تتبع مسارًا شبيهًا بالقطع المكافئ، والتي نميل إلى تذكُّرها بالأساس بوصفها إسهامًا في فيزياء الحركة — استمرارًا لدراسات سابقة أجراها نيكولو تارتاليا (١٤٩٩–١٥٥٧)، وهو مهندس مطلِّع ألَّف كتابًا بعنوان «عِلمٌ جديد» عام ١٥٣٧ عن تطبيق علم الرياضيات على الحركة، لا سيما حركة قذائف المدافع. وهو موضوع كان يحظى بأهمية عملية عاجلة لإيطاليا التي كانت تخوض حروبًا دائمة. من السهل أن تجعل تقدم العلم تجريديًّا وعقليًّا للغاية، وأن تنسى أنه كثيرًا ما يكون مدفوعًا بقضايا عملية وملحة.

الماء والهواء

أسفرت دراسة الماء من أجل أغراض هندسية عن سلسلة من الاكتشافات المهمة على أيدي أتباع جاليليو؛ فقد كرَّس تلميذه وخليفته على كرسي علم الرياضيات بجامعة بيزا — القس البنيديكتي بينيديتو كاستلي (١٥٧٧–١٦٤٣) — نفسه لدراسة الهيدروليكا

وديناميكا السوائل؛ وهي مسائل عملية مهمة في عصر امتلأت فيه إيطاليا بمشروعات كبرى لمحطات مياه تشمل القنوات والنافورات، وأشغال الري، والمجاري المائية. وقد أدت الحاجة لنقل المياه مسافات أطول رأسيًّا (على سبيل المثال عند إخراجها من المناجم أو الآبار العميقة) إلى اكتشاف أن السيفونات لا يمكنها سحب الماء إلى أعلى لارتفاع يزيد عن نحو ٣٤ قدمًا. وفي أوائل الأربعينيات من القرن السابع عشر، أجرى جسبارو بيرتي (نحو عام ١٦٠٠–١٦٤٣) — زميل كاستلي في جامعة روما — تجربة لدراسة هذه المشكلة. فبمساعدة زملاء من بينهم أثناسيوس كيرشر، استخدم بيرتي ماسورة طولها ٣٦ قدمًا يمكن غلقها من الطرفين، وثبَّتها في وضع رأسي مع وضع نهايتها السفلى في حوض ماء (الشكل ٤-٢، يمينًا)، ثم أغلق الصمام السفلي وملأ الماسورة حتى آخرها بالماء. بعدها أغلق الماسورة من أعلى وفتحها من أسفل. بدأ الماء يتدفق إلى الخارج، لكنه توقف فجأة حينما وصل ارتفاع عمود الماء في الماسورة إلى ٣٤ قدمًا. فما الذي أبقى الماء عالقًا عند مستوى ٣٤ قدمًا، لا أعلى ولا أقل؟

ابتكر أحد تلاميذ كاستلي، ويدعى إيفانجليستا توريتشيلي (١٦٠٨–١٦٤٧) — الذي عُيِّن فيما بعد في نفس موقع جاليليو كعالم في الرياضيات وفيلسوف في بلاط الحاكم فرديناندو الثاني دي مديتشي — أداة بسيطة شبيهة بماسورة بيرتي، لكنها أسهل استخدامًا. استخدم أنبوبًا زجاجيًّا طوله نحو ياردة واحدة، وأحكم غلقه عند إحدى نهايتيه، ثم ملأه بالزئبق. عندما قُلِبَ الأنبوب في حوض من الزئبق (الشكل ٤-٢، يسارًا)، بدأ الزئبق الموجود داخل الأنبوب يخرج منه، لكنه توقف حينما وصل عمود الزئبق المتبقي في الأنبوب إلى ارتفاع ٣٠ بوصة؛ أي نحو واحد على أربعة عشر من الارتفاع الذي توقف عنده عمود الماء في ماسورة بيرتي. جدير بالذكر أن كثافة الزئبق تساوي كثافة الماء ١٤ مرة؛ بمعنى أن ارتفاع أي سائل يبقى عالقًا في أنبوبٍ ما أمرٌ ذو صلة مباشرة بكثافة هذا السائل. وبناءً على الأفكار الخاصة بتوازن السوائل التي ظهرت في دراسات سابقة على الماء، فسَّر توريتشيلي هذه النتائج بقوله إن وزن السائل المتبقي في الأنبوب توازن بفعل الهواء الخارجي الضاغط لأسفل على السائل في الحوض. وفكرة أن للهواء وزنًا تتعارض مع منظومة أرسطو القائلة إنه بلا وزن. ولم يكتفِ توريتشيلي باقتراح أننا «نعيش مغمورين في قاع محيط شاسع من الهواء العنصري»، بل افترض أيضًا أن جهازه يمكن أن يقيس ويراقب التغيرات في وزن الهواء؛ مما أدى إلى ظهور اسم جديد لجهازه هو «البارومتر»، ومعناه الحرفي «قائس الوزن».



شكل ٤-٢: (يمينًا): البارومتر المائي الذي صممه جاسبارو بيرتي كما نشرها جاسبر شوت في كتابه «الفضول التقني» (نورمبرج، ١٦٦٤). (يسارًا): رسم تخطيطي للبارومتر الزئبقي المبسط الذي اخترعه إيفانجليستا توريتشيلي.[1]

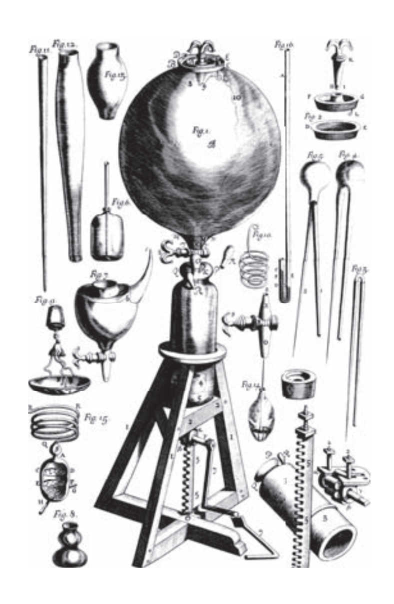
صُمِّم بعض أكثر التجارب شهرة في القرن السابع عشر من أجل استكشاف أفكار أثارها أنبوب توريتشيلي. وهناك تجربة رائعة لإثبات أن ثقل الهواء الجوي هو الذي يُبقي السوائل معلقة في الأنبوب، اقترحها عالم الرياضيات واللاهوت بليز باسكال (١٦٢٣–١٦٦٢)، وأجراها صِهره فلورين بيرييه عام ١٦٤٧. فباتباع تعليمات باسكال، أعد بيرييه عددًا من أنابيب توريتشيلي في حديقة أحد الأديرة عند سفح جبل «بوي دي دوم» الذي يقع قرب مسقط رأسهما في وسط فرنسا. بعدها أخذ أحد الأنابيب إلى ارتفاع يزيد على ٣٠٠٠ قدم أعلى الجبل، حيث وجد أن مستوى الزئبق في الأنبوب انخفض بمقدار ثلاث بوصات. وحينما نزل من فوق الجبل، استعاد الزئبق مستواه الأصلي. فمع الارتفاعات العالية — حيث يقل مقدار «محيط الهواء» الذي يضغط من أعلى — يقل وزن الهواء المستقر فوق سطح الزئبق، ومن ثم يقل الزئبق في الأنبوب.

وثمة تجربة أخرى رائعة أُجريت أمام الكثير من المشاهدين، وهي «كرة ماجدبورج» الشهيرة التي ابتكرها أوتو فون جيريكه (١٦٠٢–١٦٨٦)، وهو فيلسوف طبيعي، وعمدة مدينة ماجدبورج الألمانية، ومخرج مسرحي، ومخترع أدوات عجيبة. صمَّم فون جيريكه نصفي كرة من النحاس لهما حافتان تنطبق إحداهما على الأخرى بسلاسة. ضم فون نصفي الكرة أحدهما إلى الآخر ليشكلا كرة، وفتح صمامًا مثبَّتًا في أحد النصفين، ثم — باستخدام جهاز من اختراعه على غرار مضخة المياه — سحب الهواء إلى خارج الكرة. أغلق الصمام، وأظهر أن فريقين من الخيول لا يستطيعان فصل نصفي الكرة أحدهما عن الآخر، بسبب وزن الهواء الذي يضمهما معًا (الشكل ٤-٣). عند فتح الصمام، اندفع الهواء إلى داخل الكرة، وتمكَّن فون جيريكه حينئذ من فصل نصفي الكرة أحدهما عن الآخر بسهولة وبضربة خفيفة من معصمه.



شكل ٤-٣: تجربة أوتو فون جيريكه الاستعراضية التي أثبت فيها أن فريقين من الخيول لا يستطيعان فصل نصفي كرة مجوفة تم تفريغها من الهواء، في إشارة إلى تأثير الضغط الجوي. الصورة من كتاب جاسبر شوت «الفضول التقني» (نورمبرج ١٦٦٤).[1]

لكن ما الذي كان يشغل الحيِّز فوق الزئبق أو داخل كرة فون جيريكه؟ اعتقد الكثيرون ممن أجروا التجارب أنه الفراغ بالمعنى الحرفي، وهو ما كان موضوع خلاف



شكل ٤-٤: مضخة الهواء التي صممها روبرت بويل وروبرت هوك. الصورة من كتاب روبرت بويل «تجارب فيزيائية ميكانيكية جديدة تمس انطلاق الهواء» (أكسفورد، ١٦٦٠).[1]

شديد في القرن السابع عشر. قال مؤيدو المذهب الأرسطي وآخرون غيرهم إن وجود الفراغ أمر مستحيل، ولخصوا ذلك في شعارهم: «الطبيعة تمقت الفراغ». فهم يرون أن العالم ممتلئ بالمادة تمامًا، ويبدو أن بعض الظواهر الطبيعية تؤيدهم في ذلك. وزعموا أن الحيز المذكور يحتوي على الهواء أو مادة هوائية أخفَّ انفصلت عن الزئبق. سعت التجارب لحل هذه المشكلة، لكنها لم تضع حدًّا نهائيًّا للخلاف بين مؤيدي نظرية الفراغ ومؤيدي نظرية امتلاء الكون. تبيَّن بالتجربة أن الصوت لا ينتقل عبر الفراغ، وهذا يشير إلى أن الهواء الضروري لنقل الصوت لم يكن موجودًا، لكن الضوء ينتقل عبر الفراغ؛ ألا يحتاج الضوء — مثل الصوت — إلى وسط ينتقل خلاله؟ إن التجارب التي تُرى دائمًا على أنها «علامات فارقة» في تاريخ العلم نادرًا ما تكون مقنعة لمن عاصروها مثلما تبدو الآن للمحدثين. فإجراء التجارب — ولا سيما تفسير النتائج — طالما كان وطالما سيظل أمرًا شائكًا وخلافيًّا.

سرعان ما انضم روبرت بويل (١٦٢٧–١٦٩١) إلى صفوف العلماء الذين يدرسون الهواء. ولما كان بويل الابن الأصغر لأغنى رجل في بريطانيا؛ فقد كان لديه الوقت والمال اللذان يمكنانه من قضاء حياته في إجراء الاختبارات، وأغلبها كان في منزل أخته في شارع بول مول بلندن؛ حيث قضى جانبًا كبيرًا من حياته في الكِبَر. لاحظ بويل هو والعديد من معاصريه قابلية الهواء للانضغاط، خصوصًا وأنه كلما زاد الضغط على عينة من الهواء قلَّ حجمها، وهي علاقة سُمِّيت فيما بعدُ «قانون بويل»، ولا تزال تدرَّس كما هي لطلبة الكيمياء. عام ١٦٥٨، حينما سمع بويل عن مضخة فون جيريكه الهوائية، صمم — بالاشتراك مع العبقري روبرت هوك — مضخة معدَّلة يمكنها تفريغ كرة زجاجية كبيرة؛ مما يسمح بإحكام إغلاق العديد من الأشياء المختلفة وملاحظة ما يحدث عند تفريغها من الهواء (الشكل ٤-٤).

ثبَّت بويل جهاز بارومتر (من المرجح أنه صاغ هذا الاسم لوصف أنبوب توريتشيلي) بمضخته الهوائية، وراقب انخفاض مستوى الزئبق أثناء سحب الهواء للخارج، ثم أجرى مجموعة غريبة من التجارب في تلك المضخة، بدءًا من محاولة إشعال البارود، أو إطلاق النار من مسدس، أو سماع دقات الساعة، وصولًا إلى قياس الوقت الذي يمكن أن تعيشه مخلوقات حية متنوعة — مثل: القطط، والفئران، والطيور، والضفادع، والنحل، واليرقات، وكل شيء تقريبًا — إذا حُرِمَت من الهواء. وأجرى تجارب أيضًا بحرق شموع في المضخة الهوائية، ولاحظ اعتماد النار على كمية الهواء المتاحة.

النار: أداة الكيميائيين

قبل حلول الفترة الحديثة المبكرة بزمن طويل، كان وضع النار كعنصر مادي موضع جدال. وسط هذا الجدال، دأبت إحدى الجماعات على استخدام النار أداةً أساسية لدراسة المادة وتحولاتها والسيطرة عليها، وهم الخيميائيون. كانت الثورة العلمية هي العصر الذهبي للخيمياء. واليوم غالبًا ما يُنظر إلى «الخيمياء» باعتبارها بحثًا دءوبًا (وغير ذي جدوى) لصنع الذهب؛ شيء شبيه بالسِّحر، ومن ثم فهو يختلف عن الكيمياء، لكن في الفترة الحديثة المبكرة كانت لفظتا «الخيمياء» alchemy و«الكيمياء» chemistry تشيران إلى مجموعة واحدة من الممارسات. وبعض المؤرخين اليوم يستخدمون الكلمة المهجورة chymisrty للإشارة إلى جميع تلك الممارسات غير المتمايزة. كانت صناعة الذهب جزءًا أساسيًّا من الكيمياء، لكن لم يكن في هذا الأمر شيء من السحر

(بالمعنى المتعارف عليه حديثًا)، بل كان مجرد ممارسة مبنية على نظريات تختلف عما لدينا. ولا تزال توجد في عصرنا مذكرات قديمة تسجل العمليات اليومية التي مارسها «الخيميائيون»، وغالبًا ما تكشف عن المنهجيات الدقيقة للممارسة التجريبية، والتأويل النصي، والملاحظة، ووضع النظريات. وبجانب سعي الكيمياء لصنع الذهب، فإنها شملت أيضًا دراسة أوسع نطاقًا للمادة، وإنتاج سلع تجارية؛ مثل: المستحضرات الطبية، والأصباغ، والألوان، والزجاج، والأملاح، والعطور، والزيوت. ويشكل اقتران إنتاج المواد بالتفكر الفلسفي الطبيعي خاصية محورية للكيمياء منذ نشأتها في القرن الرابع في مصر الهيلينية، ووصولًا إلى ما هي عليه اليوم.

لم يكن البحث عن طريقة لتحويل معدن الرصاص إلى ذهب محض تفكير توَّاق، بل كان يقوم على النظرية القائلة إن المعادن أجسام مركبة أُنتجت تحت الأرض بفعل اتحاد مكونين؛ هما «الزئبق» و«الكبريت». وحينما يتحد العنصران بالنسب الصحيحة والنقاء السليم؛ فإنهما يكوِّنان الذهب، فإذا لم يكن الكبريت كافيًا تنتج الفضة، بينما زيادة الكبريت (وهو عنصر جافٌّ قابل للاشتعال) تُنتج الحديد أو النحاس، وتظهر زيادة الكبريت فيهما من خلال قابليتهما للاشتعال، وصلابتهما، وصعوبة صهرهما. أما زيادة الزئبق (وهو عنصر سائل)، فتؤدي إلى تكوُّن القصدير أو الرصاص، وهما معدنان ليِّنان يسهل صهرهما. ومن ثم كان تحويل المعادن الرخيصة إلى معادن نفيسة — من الناحية النظرية — عملية بسيطة تتضمن ضبط هذين المكونين (الزئبق والكبريت) وصولًا إلى النسب الموجودة في الذهب. وقد أوحت ملاحظة احتواء خامات الفضة على بعض من الذهب، واحتواء خامات الرصاص على بعض الفضة، بأن عملية التحويل كانت تحدث طبيعيًّا تحت الأرض، حيث تُنقَّى المعادن ذات التركيب الرديء أو «تنضج» لتصبح أكثر ثباتًا، وأفضل تركيبًا. وكان التحدي يتمثل في إحداث هذا التحويل اصطناعيًّا وبوتيرة أسرع. ومن ثم، سعى المهتمون بتحويل المعادن الرخيصة إلى ذهب إلى إعداد ما أسموه «حَجَر الفلاسفة»، وهو عامل مادي يتسبب في حدوث عملية التحويل. ما إن يُحضَّر ذلك الحجر في المعمل؛ فإن خلط كمية قليلة منه بالمعدن الرخيص المنصهر يُفترض أنها تحوله ذهبًا في دقائق معدودة. وتزعم الكثير من النصوص نجاح هذه العملية، ويجدُّ من يسعون وراء عملية التحويل هذه إلى تكرارها. تكمن الصعوبة في السرية المتعمَّدة لتلك النصوص؛ إذ حُجبت المكونات والطريقة، بل والنظرية تحت ستار من الشفرات، والأسماء المستعارة، والصور المجازية، والرموز التصويرية التي غالبًا ما تكون ذات طابع غريب (الشكل ٤-٥).



شكل ٤-٥: رسم مجازي عن الخيمياء يصور تنقية الذهب والفضة، وهي الخطوة الأولى في إعداد «حجر الفلاسفة». يرمز الملك إلى الذهب، بينما يرمز الذئب الذي يقفز فوق البوتقة (وعاء لتكرير المعادن) إلى معدن الاستبنايت (مادة تتفاعل مع الفضة والنحاس المختلطين عادة بالذهب، وتتخلص منهما). أما الملكة فترمز إلى الفضة، والرجل المسن (زحل) إلى الرصاص، في إشارة إلى عملية تصفية المعادن بطريقة البوتقة التي تستخدم الرصاص لتنقية الفضة. من كتاب «المتحف الهرمسي» (فرانكفورت، ١٦٧٨).[1]

نشأت سرية الخيمياء جزئيًّا من الممارسات الحرفية؛ حيث كان من الضروري حفظ حقوق المِلْكية كأسرار تجارية. كانت قوانين العصور الوسطى — التي تحظر عملية تحويل المعادن إلى ذهب خوفًا من انخفاض قيمته — تشجع على السرية، إلا أن المؤلفين برروا تلك السرية أيضًا بزعم أن ما لديهم من معرفة لا يشكل خطرًا إذا وصل إلى أيدٍ غير أمينة فحسب، بل هي معرفة مميزة لا يجوز كشفها لمن لا يستحقون.

ظهر الاستخدام البريطاني المستمر إلى الآن لكلمة «كيميائي» بمعنى «صيدلي» في الفترة الحديثة المبكرة حينما كرَّس معظم الكيميائيين بعض جهودهم — على الأقل — لتصنيع الأدوية. وبدأ تطبيق الكيمياء على الأدوية في أوروبا على يد الراهب الفرنسيسكاني جان دي روبيشيسا (١٣١٠–حوالي ١٣٦٢)، من مقاطعة بروفانس الفرنسية، الذي أيد استعمال الكحول المُقطَّر من النبيذ في تحضير مستخلصات دوائية.

وقد امتد استخدام الكيمياء في تحضير المواد الدوائية على مدى القرن التالي، قبل ظهور واحد من أهم الأصوات المؤيدة له ممثلًا في النابغة ثيوفراستوس فون هوهانهايم المعروف باسم باراسيلسوس (١٤٩٣–١٥٤١). انتقد باراسيلسوس الطب التقليدي الذي يعتمد على أعمال المؤلفين الإغريق والرومان والعرب، ووضع منظومته الخاصة به، والمبنية على مجموعة متنوعة من المصادر بدءًا من الملاحظة المباشرة إلى المعتقدات الشعبية الألمانية. وقد دعم الكيمياء بوصفها وسيلة للتحضير الفعلي لدواء فعال من أي مادة، ولم يُظهِر اهتمامًا كبيرًا بعملية تحويل المعادن الرخيصة إلى ذهب. كانت فكرته الإرشادية تقوم على أن الخصائص المفسِدة تنجم عن شوائب موجودة في مواد تعتبر سليمة لولا وجود تلك الشوائب، مثل الخطيئة والموت اللذين يشوبان عالَمًا كان في الأساس — كما خلقه الله — فاضلًا. وباستخدام التقطير والتخمير وعمليات معملية أخرى، وفرت الكيمياء سبلًا لفصل الخبيث عن الطيب، والدواء عن السم. ذكر باراسيلسوس أيضًا أن جميع المواد تتكون من ثلاثة مكونات أولية؛ هي: الزئبق والكبريت والملح، وهي ثالوث أرضي يشبه «الثالوث الإلهي» والطبيعة الثالوثية للإنسان ممثلة في الجسد، والنفس، والروح. وابتكر طريقة لإنتاج أدوية عشبية باستخدام خطوات كيميائية، وفيها سعى إلى تقسيم إحدى المواد إلى العناصر الثلاثة المكونة لها، وتنقية كل منها، ثم إعادة دمجها في صورة «سامية» من المادة الأصلية تتصف بفاعلية دوائية كبيرة وتخلو من السموم.

ذهب باراسيلسوس لما هو أبعد من ذلك؛ فالكيمياء لم تكن مجرد أداة لتحضير الأدوية، بل كانت المفتاح لفهم الكون. وحينما قام أتباع باراسيلسوس في أواخر القرن السادس عشر بتنظيم كتاباته التي كانت تتسم غالبًا بطابع فوضوي (والتي شاع أنه كان يُمليها وهو ثَمِل)، فإنهم خرجوا برؤية كونية كيميائية نظرت إلى كل شيء على أنه كيميائي في الأساس. فدورة المطر عبر البحر والهواء والأرض هي عملية تقطير هائلة، وتكوُّن المعادن تحت الأرض، ونمو النباتات وتكاثر الكائنات الحية، فضلًا عن الوظائف الجسمانية من هضم، وتغذية، وتنفس، وإخراج، كانت تُعتبر كلها عمليات كيميائية أصيلة. أيضًا اعتبروا الخالق نفسه — المهندس الأعظم لدى الأفلاطونيين — هو الكيميائي الأعظم؛ فخلقُهُ لعالم منظم من وسط الفوضى التي كانت قائمة في البداية شبيه باستخلاص الكيميائي لمواد عادية وتنقيتها وتحويلها إلى منتجات كيميائية، فضلًا عن أن حسابه النهائي للعالم بالنار يضاهي استخدام الكيميائي النار لتنقية المعادن النفيسة من الشوائب. بل إن تلك الرؤية الكونية اعتبرت مصير الإنسان النهائي مسألة

كيميائية؛ فعندما يموت الإنسان تنفصل النفس والروح عن الجسد، ثم يتحلل الجسد في القبر إلى أن يتجدد ويتحول مرة أخرى يوم البعث؛ حيث يعيد الخالق الكيميائي نفخ النفس والروح بعد تطهيرهما من أجل خلْقِ إنسانٍ ممجَّدٍ خالد، مثلما تنفصل العناصر الثلاثة المكونة لإحدى المواد، وتنقَّى، ويُعاد دمجها لاستحداث منتج «سامٍ» مُعاد التركيب.

جذبت الحركة الباراسيلسوسية أتباعًا كُثُرًا. عندما شاهد عالم الفلك تيكو نجمه المستعِر لأول مرة عام ١٥٧٢، كان قد خرج توًّا من أحد المعامل حيث كان يعد علاجات على الطريقة الباراسيلسوسية. وبعد ذلك بنى معملًا في مرصده لكي يدرس ما أسماه «علم الفلك الأرضي»، ويعني به الكيمياء (مبدأ «مثلما في السماء مثلما على الأرض»). ونظرًا لطبيعة منهج باراسيلسوس المضادة للفكر المؤسسي — وهو ما كان يتضح كثيرًا في النقد الصاخب للتعليم التقليدي، والجامعات، والأطباء الحاصلين على إجازات — فقد أثارت أفكاره جدلًا محتدمًا، وغالبًا ما كان أكثر أتباعها من خارج الدوائر المؤسسية. والواقع أن الكيمياء ككل قضت أغلب وقتها خارج قاعات التعليم التقليدية، وأنها عانت حالة من عدم الاستقرار. وبينما شكَّلت الفيزياء والفلك جزأين ضروريين في الدراسة الجامعية بدءًا من العصور الوسطى وما بعدها، لم تحصل الكيمياء على موضع قدم أكاديمي حتى القرن الثامن عشر. وأحد أسباب ذلك افتقارها إلى أي جذور كلاسيكية؛ فلم يكتب عنها أرسطو ولا غيره من العلماء القدامى، على عكس علوم الفلك والفيزياء والطب وعلوم الحياة. علاوةً على ذلك، فإن ارتباطها الوثيق بالتجارة والإنتاج الحرفي، وطابعها العملي — وطبيعتها الفوضوية الشاقة كريهة الرائحة غالبًا — أبعدها عن أن تكون واحدة من الموضوعات التي تحظى بالاحترام، إلا أن تركيز الكيمياء على التجربة العملية أسفر أيضًا عن تجميعها مخزونًا هائلًا من المواد، والمعرفة بخصائصها، وسهولة العمل بها. وقد زادت الأهمية التجارية لهذه المعرفة زيادة ملحوظة على مدار القرن السابع عشر، وسلك كثير من الكيميائيين مسلكًا تجاريًّا؛ فانشغلوا في بعض الأحيان في معاملات مع أمراء ورعاة آخرين، وفي عمليات التعدين؛ ليحسِّنوا دخولهم، أو سعوا لتحويل المعادن الرخيصة إلى معادن نفيسة. وفي أحيان أخرى، عملوا من تلقاء نفسهم لتقديم سلع جديدة إلى الأسواق. ومما يؤسف له أن قدرة الكيمياء على تقليد الجواهر والمعادن — وزعْم البعض القدرة على إنتاج الذهب — أتاح فرصًا للغش والخداع، وهو ما أدى إلى ربط واسع النطاق للكيمياء بالممارسات اللاأخلاقية. وقد وضع دانتي في أواخر العصور الوسطى الكيميائيين — الذين أسماهم «قردة الطبيعة» — في الدائرة الثامنة في

جهنَّم مع المزيِّفين والمزوِّرين. ولاحقًا استخدم الكُتَّاب المسرحيون في القرن السابع عشر — مثل بن جونسون في مسرحيته «الخيميائي» (١٦١٠) — شخصية الكيميائي المخادع وزبائنه الجشعين لإحداث تأثير هزلي.

وقد حدث معظم التدريب في مجال الكيمياء في القرن السابع عشر داخل سياقات طبية؛ ففي ألمانيا، أصبح يوهانس هارتمان (١٥٦٨–١٦٣١) أول أستاذ للطب الكيميائي عام ١٦٠٩. وقد عيَّنه موريتز — من مدينة هيسين في ولاية كاسل الألمانية — في جامعة ماربورج؛ وهي مؤسسة كالفينية حديثة التأسيس وقتئذٍ (ومن ثم كانت أكثر قدرة على الإبداع والابتكار). وقد كان موريتز أميرًا يدعم بلاطُهُ الملكي ممارساتِ من يحاولون تصنيع الذهب، وأتباع باراسيلسوس وغيرهم من الكيميائيين. وفي فرنسا، بدأ تعليم الكيمياء بصفة منتظمة في «حديقة الملك» في باريس، وهي حديقة نباتية أُسست بهدف زيادة النباتات الطبية ودراستها، وقدَّم عدد من المحاضرين في الحديقة حلقات دراسية مبنية على ملاحظات معملية كانت مفتوحة أمام عامة الشعب. أيضًا قدَّم محاضرون خصوصيون — من الصيادلة غالبًا — حلقات دراسية في الكيمياء، مثل نيكولاس ليميري الذي كان يدرِّس من منزله في باريس، والذي أصبح كتابه التعليمي «مسار الكيمياء» (١٦٧٥) واحدًا من أفضل الكتب مبيعًا. والوقع أن عشرات الكتب الدراسية الكيميائية التي نُشرت في فرنسا وألمانيا أسست لنهج تعليمي عوَّض غياب الكيمياء من المناهج الدراسية الجامعية.

ولا يعني الطابع العملي للكيمياء أنها لم تسهم إسهامًا ملحوظًا في النظريات الفلسفية الطبيعية، بل العكس صحيح تمامًا؛ فواحد من أهم التطورات في القرن السابع عشر — وهو عودة ظهور المذهب الذري — كان مبنيًّا في جزء منه على أفكار وملاحظات كيميائية. وقد حدث في أواخر القرن الثالث عشر أن استخدم خيميائي لاتيني يدعى جيبر نظرية للمادة شبه الدقائقية لتفسير الخصائص الكيميائية؛ فقد فسَّر، على سبيل المثال، كثافة الذهب ومقاومته للتآكل بأن افترض أن أجزاءه الأكثر دقة متلاصقة بإحكام لا يترك بينها فراغًا. أما الحديد فهو أكثر تفككًا بما يترك من فراغات تجعل هذا المعدن أخف وزنًا، وبما يترك من فراغات تدخل منها النار والمواد المسببة للتآكل إلى داخل المعدن فتفتته وتُحوِّله صدأً. وبعد ذلك استمر الكيميائيون في تطوير فكرة الدقائق الثابتة متناهية الصغر، واستخدامها في تفسير ملاحظاتهم. وغالبًا ما قابل أتباع المذهب الأرسطي، الذي كان سائدًا وقتها، تلك الأفكار بالرفض؛ إذ افترضوا أن المواد تفقد هويتها

حينما تتحد بأخرى، لكن الكيميائيين الممارسين عرفوا أن بإمكانهم في كثير من الأحيان استعادة المواد الأولى في نهاية سلسلة من التحولات، فمثلًا: أدرك الكيميائيون أن الفضة المعالجة بالحمض «تختفي» في صورة سائل متجانس شفاف يمر بسهولة من خلال ورق الترشيح. وعند معالجة هذا السائل بالملح؛ فإنه يرسِّب مسحوقًا أبيض ثقيلًا، وأن ذلك المسحوق إذا خُلط بالفحم النباتي وعرِّض للحرارة حد التوهج يعطي الفضة بوزنها الأصلي مرة أخرى. وقد أشارت هذه التجربة المعروفة إلى أن الفضة احتفظت بهويتها طوال التجربة، رغم اختلاف مظهرها، ورغم تفككها إلى دقائق صغيرة غير مرئية قادرة على المرور من مسام الورق. وهكذا قدَّمت العمليات الكيميائية أفضل دليل على وجود تلك «الذرات».

المذهب الذري والمذهب الميكانيكي

ثمة نوع من التأثير المتبادل بين العُرف الكيميائي الخاص بالمفاهيم الدقائقية للمادة وبين تجدد المذهب الذري القديم. بدأ المذهب الذري لدى قدماء الإغريق بكل من ليوكيبوس وديمقريطوس في القرن الخامس قبل الميلاد، عندما تخيلا عالمًا ماديًّا مكوَّنًا من ذرات غير قابلة للانقسام تتحرك في حيز من الفراغ، وأن تقاربها وتباعدها في مجموعات متغيرة دومًا أديا إلى جميع التغيرات التي نراها، غير أن مفاهيمهما قد اندثرت بدرجة كبيرة في العصور القديمة. فنَّد أرسطو أفكارهما تفصيلًا. ورغم أن إبيقور (٣٤١–٣٧٠ قبل الميلاد) جعل المذهب الذري أساسًا لفلسفته الأخلاقية، فحينما فقَدَ المذهب الإبيقوري شعبيته بسبب نزوعه للإلحاد ومذهب اللذة (اللذين لم يفكر إبيقور في أيهما)، خرج المذهب الذري أيضًا من دائرة الاهتمام، ولم يتجدد الاهتمام به إلا بعد إعادة اكتشاف قصيدة لوكريتيوس «عن طبيعة الأشياء» — وهي محاولة رومانية لتبسيط أفكار إبيقور — عام ١٤١٧، غير أن تركيز لوكريتيوس على الربط بين المذهب الذري والإلحاد في البداية جعل كتابه غير مستساغ. والمفارقة أن رد الاعتبار للمذهب الذري الإبيكيوري حدث على يد أحد الكهنة ويدعى بيير جاسندي (١٥٩٢–١٦٥٥). أنكر جاسندي فكرة خلود الذرات (فالخلود للرب وحده)، وأنها تتحرك من تلقاء نفسها (فالرب يحركها)، وقال بعدم مادية النفس البشرية وبخلودها، ثم وضع منظومة عالمية شاملة باستخدام الدقائق غير المرئية وتحركاتها على أنها مبدأ تفسيري أساسي. وقد أُطلق على منظومته ومنظومات أخرى مشابهة اسم «الفلسفة الميكانيكية».

تقول الفلسفة الميكانيكية إن جميع الخصائص والظواهر المحسوسة تنتج عن حجم أجزاء صغيرة غير مرئية من المادة، وعن شكلها وحركتها، وتسمى هذه الأجزاء ذرات، أو كريات، أو مجرد دقائق. أكد مؤيدو الفلسفة الميكانيكية المتشددون أنه يوجد نوع واحد فقط من «المادة» ينبثق منها كل شيء، وأن الأشكال والأحجام والحركات المختلفة للدقائق متناهية الصغر لهذه المادة هي وحدها التي تعطي ذلك التنوع الذي نراه في المواد والخصائص. واتساقًا مع تجاهل جاليليو للخواص لصالح الكميات، فإنه قال إن معظم الخواص — مثل: الحرارة والبرودة، والألوان والروائح والنكهات — لا وجود لها بالفعل، وأنها لا تعدو أن تكون نتيجة لكيفية تأثير الدقائق متناهية الصغر على أعضاء الحس لدينا. رأى جاليليو ومن جاء بعده من مؤيدي الفلسفة الميكانيكية، أن الخواص الحقيقية الوحيدة — أو الخواص الأولية — هي حجم الدقائق وشكلها وحركتها. أما جميع الخواص الأخرى فهي ثانوية توجد لدى المُحِس لا في المادة المحسوسة. يعتبر هؤلاء الفلاسفة أن الخل يبدو حامضًا فقط لأن دقائقه الحادة مستدقة الطرف تَخِز اللسان. وبعيدًا عن اللسان، فخاصية «الحموضة» لا تعني شيئًا. أيضًا تبدو الوردة حمراء فقط بسبب الطريقة التي تعمل بها دقائقها على تعديل الضوء المنعكس، والطريقة التي يؤثر بها ذلك الضوء المعدل على أعيننا، بينما تنجم رائحتها الزكية عن تصاعد دقائق تطلقها الوردة، فتتحرك عبر الهواء إلى داخل أنوفنا؛ حيث تصطدم بعضو الشم فتحدث تحركات تتحول — عند نقلها إلى المخ — إلى إحساس بالرائحة. وتتعارض هذه النظرة تمامًا مع النظرة الأرسطية للعالم؛ حيث الوجود الحقيقي للخصائص المحسوسة في الأشياء، وحيث تلعب هذه الخصائص دورًا حاسمًا في تفسير طبيعة الشيء وآثاره.

كانت تلك المنظومة ميكانيكية بمعنيين؛ أولهما أن الآثار تحدث فقط بواسطة اتصال ميكانيكي؛ مثل اصطدام المطرقة بالحجر، أو كرات البلياردو بعضها ببعض. فلا مجال للفعل من على بُعدٍ أو لقوى التعاطف، وثانيهما أن العالم والأشياء التي به — حتى النباتات والحيوانات في الفلسفة الميكانيكية واسعة التأثير لديكارت — كان يُنظر إليها على أنها «آلات». شبَّه الفلاسفة الميكانيكيون العالم بآلية ساعة معقدة؛ مثل الساعات الميكانيكية الضخمة التي كانت موجودة في تلك الفترة، حيث تتسبب التروس والأثقال والبكرات والروافع المختفية في حركة العقارب المرئية، وفي رنين الأجراس، ورقص التماثيل الصغيرة وانحنائها، وصياح الدِّيَكة الآلية. كل ذلك في ترتيب ونظام مثاليين. ويرجع أصل مصطلح «آلة العالم» إلى لوكريتيوس، وكان يُستخدم في العصور الوسطى للتعبير

عن النظامية المعقدة للكون، غير أن «الآلة» كانت تعني لدى هؤلاء الكتَّاب شيئًا أقرب إلى الهيكل أو البنية، وكانت تعبِّر عن العلاقة المتبادلة بين مختلف أجزاء الكون. ومع ذلك، أعطى الفلاسفة الميكانيكيون للصورة طابع الآلية، أيْ شيء اصطناعي، لكنه يحاكي أفعال أحد الأشياء الحية آليًّا. وقد عكست وجهات النظر الميكانيكية البراعة التكنولوجية المتزايدة في ذلك الوقت، وأبعدت وضع المفاهيم الخاصة بالعالم عن النماذج البيولوجية الحية، وقرَّبته من الآلية التي لا حياة فيها؛ بل وأدت هذه الرؤية إلى إعادة وضع مفهوم للرب نفسه، فبدلًا من وصفه بأنه مهندس أو كيميائي أو معماري، أصبح يُنظر إليه على أنه ميكانيكي أو صانع ساعات؛ أيْ فنيٌّ صمَّم آلة العالم وجمعها. وتشكل هذه الصورة — التي اتخذت مكانة راسخة للغاية في إنجلترا في أواخر القرن السابع عشر — الخلفية الأساسية لمناقشات الوقت الحاضر عن «التصميم الذكي». وفي الفترة الحديثة المبكرة، عندما تداخل اللاهوت والفلسفة الطبيعية أحدهما مع الآخر، ظهرت المفاهيم الدينية والعلمية وتطورت يدًا بيد، يؤثر كل منها في الآخر ويتأثر به.

ومع سعي الفلاسفة الميكانيكيين الدءوب لتطبيق مبادئهم على جميع الظواهر الطبيعية، واجهتهم مشكلة تفسير «الخصائص الخفية»، والتأثيرات التبادلية، والأفعال التي تحدث عن بُعدٍ، والتي أحبطت مساعي أتباع المذهب الأرسطي وكانت أساسًا لما سمي «السحر الطبيعي». وكان حل الميكانيكيين المفضَّل افتراض تبخُّر مادة غير مرئية — «أبخرة» لدقائق تحمل تأثيرات من جسم إلى آخر. فعلى سبيل المثال، ترفع النار درجة حرارة جسم ما على مسافة بسبب انطلاق دقائق نارية سريعة الحركة من اللهب لتصطدم بذلك الجسم. وثمة تفسيرات أخرى تطلَّبت حلولًا أكثر إبداعًا؛ فقد فسر ديكارت الجذب المغناطيسي بأن افترض أن المغناطيسات تطلق دفقًا متصلًا من دقائق لولبية الشكل، وافترض أيضًا أن الحديد يحتوي على مسام لولبية الشكل، ومن ثم تدخل الدقائق التي أطلقها المغناطيس في مسام الحديد وتدور داخلها، فتقرِّب الحديد من المغناطيس بفعل «اللولبة». حتى الفعل الانعكاسي الذي يتضمن الابتعاد عن مشهد دموي فُسِّر على أساس انطلاق فيض من الدقائق الحادة التي تجرح العين.

لم يقتصر دور روبرت بويل على تسمية الفلسفة الميكانيكية فحسب، بل ربطها بالكيمياء بصفة خاصة، معترفًا بالقدرة الخاصة للكيمياء على كشف الستار عن الآليات التي يسير وفقها العالَم. وقد تتبع بويل الأوجه الرئيسة الأربعة لكيمياء القرن السابع عشر؛ وهي: تصنيع الذهب، والطب، والتجارة، والفلسفة الطبيعية. وسعى سعيًا حثيثًا

من أجل اكتشاف سر تصنيع «حجر الفلاسفة»، وحاول أن يتواصل مع «جهابذة سريين» بوسعهم تقديم المساعدة. وقد زعم أنه شهد استخدام ذلك الحجر، واختبر الذهب الذي رآه يُنتَج من الرصاص بواسطة الحجر، وكان مسئولًا عن إلغاء قانون إنجليزي يحظر إجراء عملية تحويل المعادن الرخيصة إلى ذهب عام ١٦٨٩. جمع بويل أدوية كيميائية جديدة ذات تكلفة أقل من أجل التخفيف عن الفقراء (إذ كانت الرعاية الطبية والأدوية مكلفة للغاية حينئذ كما هي اليوم). نادى بويل باستخدام الكيمياء في تحقيق غايات مفيدة، من أجل تطوير التجارة والصناعة. ولعل الأكثر شهرةً أنه روَّج للكيمياء بوصفها أفضل وسيلة لدراسة العالم، وسعى جاهدًا لرفع مكانتها. ذكر بويل أنه كرَّس نفسه للكيمياء — التي اعتبرها أصدقاؤه «دراسة مضللة عديمة الجدوى» — لأنها قدَّمت أفضل دليل على النظم الدقائقية التي افترضها الفلاسفة الميكانيكيون. وكمثال لهذا، أثبت بويل بالتجربة كيف يمكن للملح الصخري أن ينتج ملحًا قلويًّا ثابتًا، وسائلًا حمضيًّا متطايرًا، وكيف أن مزج الملح القلوي والسائل الحمضي يعيد إنتاج الملح الصخري. والاستنتاج الذي خرج به أن المواد المركبة يمكن تحليلها إلى أجزاء، وأنه يمكن إعادة تجميع هذه الأجزاء لاستعادة المادة الأصلية، تمامًا مثل أجزاء الآلة. ورغم أن بويل رفض أمورًا كثيرة في مذهب باراسيلسوس، فإن عمليات «إعادة الدمج» هذه (مثلما أطلق عليها) تتشابه تشابهًا لافتًا للنظر مع عملية إنتاج الأدوية العشبية باستخدام الخطوات الكيميائية التي ابتكرها باراسيلسوس. والواقع أن بويل بنى أفكاره على إرث سابق طويل من الأفكار الخاصة بإنتاج الذهب من المعادن الرخيصة ومن الطب الكيميائي.

أفل نجم الفلسفة الميكانيكية في نهاية القرن السابع عشر، حتى إن بويل نفسه فقد حماسه تجاهها حينما أدرك أن الإفراط في التوسع فيها يمكن أن يؤدي إلى طغيان مذاهب الحتمية والمادية والإلحاد؛ فلو كان العالم مجرد مجموعة من الدقائق المتصادمة، فلن يبقى مجال للإرادة الحرة أو العناية الإلهية، ولو كان الرب صانع ساعات كما قالوا، فهل بدأ تشغيل العالم ثم تركه، أم كان عليه أن يعيد ضبطه بانتظام وكأنه يفتقر إلى البراعة؟ ظل الكيميائيون غير متأثرين بالفلسفة الميكانيكية؛ إذ لم تبدُ المجموعة الهائلة من الخصائص — التي كانوا يرونها كل يوم — قابلة للتفسير باستخدام الأفكار الهزيلة المتعلقة بوجود نوع واحد من المادة يحتوي دقائق تتشكل في صور مختلفة. وبالمثل كانت عمليات الحياة معقدة للغاية بحيث يتعذَّر على الميكانيكيين البسطاء تفسيرها بعد نقطة معينة. وأخيرًا، فإن قوى الجذب النيوتونية — إحدى صور التأثير عن بُعد — لم

تكن قابلة للتفسير الميكانيكي. والواقع أن انتصار المذهب النيوتوني كان يعني انهزام المذهب الميكانيكي المتشدد.

تطوير المذهب الأرسطي

تطرقنا لأرسطو والمذهب الأرسطي عدة مرات على مدار هذا الفصل، والواقع أن أحد تفسيرات الثورة العلمية أنها كانت تتمحور حول رفض المذهب الأرسطي السكولائي الذي كان على وشك الاندثار، لكن هذا الرأي يخفق في الاعتراف بمرونة السكولائية وتطورها المستمر. وبينما دأب مؤيدو الفلسفات «الجديدة» المختلفة في القرن السابع عشر على الاستهزاء بالفلسفة الأرسطية وانتقادها بلغة قاسية، بقي غيرهم من الفلاسفة الطبيعيين داخل الإطار «الأرسطي» واستمروا في تحديث المنظومة والعمل بما يحقق نتائج مثمرة. ولم يحدث في أواخر العصور الوسطى ولا في الفترة الحديثة المبكرة أن كانت كلمة «أرسطي» أو «سكولائي» تعنيان التشبث بكل افتراض أطلقه أرسطو نفسه، حتى ثيوفراستوس، أعظم تلاميذ أرسطو، تابع التقليد الأرسطي بأن اختلف مع أستاذه في نقاط عدة. وفي العصور الوسطى، كان الفلاسفة الطبيعيون في كل مكان يستشهدون بأرسطو، لكن كنقطة انطلاق فحسب لاستكشافاتهم التي كثيرًا ما كانت تخلص إلى نتائج مناقضة لما توصل إليه أرسطو من قبل. وبحلول عصر النهضة، كان هناك الكثير من الفلسفات الأرسطية المختلفة، بل والمتناقضة.

لم تكن المناهج التجريبية والرياضية للفلسفة الطبيعية أجزاءً أساسية في عمل أرسطو، لكنها صارت كذلك على نحو متزايد لدى الأرسطيين في القرن السابع عشر. يقدم اليسوعيون أوضح مثال على الالتزام الصريح بالحفاظ على فلسفة طبيعية أرسطية، إلا أن الكثيرين — من أمثال ريتشيولي وجريمالدي — أجروا تجارب مستفيضة تتعلق بعلم الحركة الذي وضعه جاليليو، وأدخلوا فيها أفكارًا ونتائج تناقض أفكار أرسطو تناقضًا واضحًا. وبالمثل، رفض نيكولو كابيو (١٥٨٦–١٦٥٠) التفسير المؤيد للمذهب الكوبرنيكي الذي وضعه جلبرت لتفسير تجاربه المغناطيسية، وإن كانت تجارب كابيو نفسه على المغناطيس على نفس الدرجة من الاستفاضة. وفي نهاية القرن، كان اليسوعيون قد تبنوا الكثير من الأفكار الدقائقية والميكانيكية التي قدمها كلٌّ من جاسندي وديكارت، ولكن داخل إطار أرسطي. ظلت السكولائية في نظر مؤيديها «منهجًا» مفيدًا ومرنًا للبدء في دراسة الطبيعة، لا مجموعة من الاستنتاجات. ورغم بقائهم على موقف محافظ تجاه

التجديدات الكثيرة التي ظهرت في القرن السابع عشر، فإنهم كانوا مساهمين ومشاركين فعالين في الثورة العلمية.

لا شك أن ما حدث في الثورة العلمية هو أن الفلسفة الأرسطية اكتسبت منافسين جادين ومختلفين اختلافًا جذريًّا، وهو ما لم تلقه تلك الفلسفة في أواخر العصور الوسطى؛ فطوال الفترة الحديثة المبكرة ظهرت رؤًى كونية جديدة — من منظور المغناطيسية، والكيمياء، والرياضيات، والميكانيكا، والسحر الطبيعي، وغيرها — كتحديات أو بدائل مقبولة، بينما سعت السكولائية إلى دمج مادة وأفكار جديدة داخل إطار أرسطي. ولم تسفر المجادلات المستمرة بين المدافعين عن النظم العالمية المختلفة عن وفرة في العروض الجدالية فحسب، وإنما أسفرت أيضًا عن مجموعة كبيرة من الاستجابات الانتقائية للتحدي المُلح المتمثل في وضع فلسفة جديدة للطبيعة يفضل أن تكون شاملة. ومن منظورنا الحديث، من الصعب أن نتخيل التنوع الكبير في وجهات النظر والأساليب المتعلقة بالمناهج والقضايا الأساسية التي ازدهرت في الفترة الحديثة المبكرة، أو الخصوبة والحماسة التي استكشف بها عدد متزايد من الفلاسفة الطبيعيين عالمهم، وابتكروا أنظمة — بعضها صغير وبعضها كبير — في محاولة لفهم هذا العالم. وهذا واحد من الجوانب المهمة التي أضفت طابعًا «ثوريًّا» على فترة القرنين السادس عشر والسابع عشر.

هوامش

(1) Courtesy of the Roy G. Neville Historical Chemical Library, Chemical Heritage Foundation, Philadelphia.

الفصل الخامس

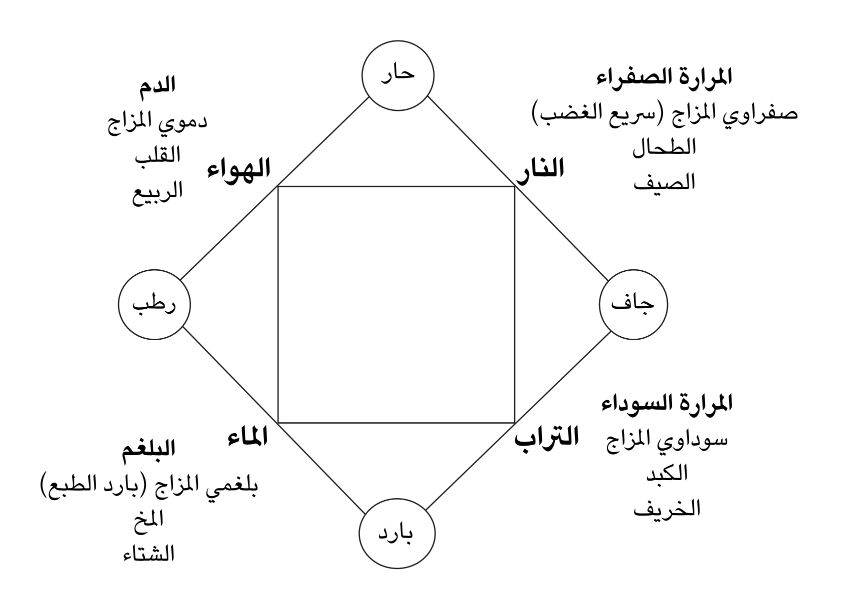
العالم الصغير والعالم الحي

بالإضافة إلى العالمين فوق القمري وتحت القمري، كان هناك عالم ثالث جذب انتباه المفكرين في الفترة الحديثة المبكرة؛ ألا وهو: العالم الصغير متمثلًا في جسم الإنسان؛ ففي تلك الفترة من التاريخ، ركَّز الفيزيائيون وعلماء التشريح والكيميائيون والميكانيكيون على هذا العالم الحي الذي نسكنه، واستكشفوا بِناه الخفية، وسعوا إلى فهم وظائفه، آملين التوصل إلى طرق جديدة للحفاظ على صحته. والحياة التي تميز الجسم البشري تربطه طبيعيًّا ببقية صور الحياة على الأرض — نباتية وحيوانية. وقد زادت قائمة تلك المخلوقات الحية بأعداد هائلة أثناء الثورة العلمية، ليس فقط بفضل رحلات الاستكشاف، وإنما أيضًا بفضل اختراع المجهر الذي كشف عن عوالم من التعقيد تفوق الخيال البشري في أشياء عادية، وعوالم جديدة من الحياة في قطرة ماء.

الطب

كان الجسم البشري الهم الأول للطبيب، وكانت للطب مكانة عالية اجتماعيًّا وفكريًّا طوال أوج العصور الوسطى والفترة الحديثة المبكرة. وشكَّل علم الطب، جنبًا إلى جنب مع القانون واللاهوت، العلوم الثلاثة الأولى في الجامعة. وكانت المعرفة الطبية التي تدرَّس عام ١٥٠٠ نتاجًا لتراكم الخبرات والإبداعات العربية واللاتينية في العصور الوسطى، والتي كانت مبنية على أساس من التعاليم الإغريقية والرومانية القديمة. يعتبر جالينوس وأبقراط وابن سينا (نحو عام ٩٨٠–١٠٣٧) المرجعية الرئيسة لهذه المعرفة، وشكَّلت نظرية الأخلاط أساسًا لها. وتقول نظرية الأخلاط إن الصحة البدنية لا تعتمد فقط على الأداء الوظيفي السليم لمختلف أعضاء الجسم، ولكن أيضًا على وجود توازن — أو ما أطلقوا عليه «مزاجًا» — بين أربعة «أخلاط»، أو سوائل توجد في الجسم، وهي:

الدم، والبلغم، والمرارة الصفراء، والمرارة السوداء. وهذه الأخلاط الأربعة تقابل العناصر الأرسطية الأربعة، وتتشارك معها في ثنائيات صفاتها الأولية (الشكل ٥-١).



شكل ٥-١: «مربع العناصر» الذي يوضح خواصها وعلاقاتها بالأخلاط الأربعة، وبالطباع الجسمانية الأربعة، وبالفصول الأربعة أيضًا.

كان دور الطبيب مساعدة الطبيعة في استعادة توازن الأخلاط عن طريق وصف أنظمة غذائية، وحميات، وأدوية معينة. وكان هذا الطب الذي يغلب عليه الطابع الجاليني يعمل بمبدأ «الضِّدُّ يُعالِج»، بمعنى أنه لو كان أحد المرضى يعاني «نزلة برد» (وهي تسمية جالينية في الأساس) ناتجة عن زيادة في البلغم، ينبغي إعطاء المريض أطعمة وأدوية حارة وجافة لمساعدته على استعادة التوازن، وفي حالة الإصابة بالحمى يكون المريض بحاجة إلى أدوية باردة رطبة، واغتسال بالماء البارد، أو ربما النزف لسحب الدم الزائد وما يتسم به من حرارة.

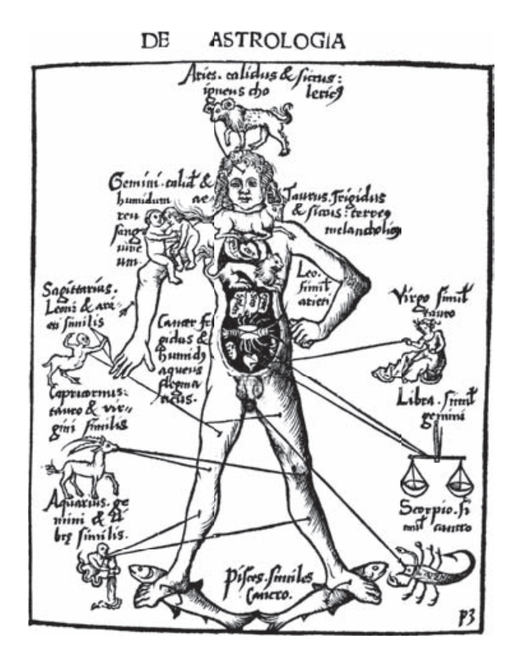
العلاقات الكثيرة التي افتُرض وجودها بين العالم فوق القمري وبين الجسم البشري توضح بجلاء ترابط العالم في الفترة الحديثة المبكرة. وتأثير العالم الكبير على العالم

الصغير لم يكن موضع جدال بوجه عام، حتى وإن كانت تفاصيل هذا التفاعل موضع خلاف دائم. ومن ثم لعب التنجيم دورًا رئيسًا في كلٍّ من التشخيص والعلاج؛ ومن المرجح أن الطب — لا التكهن — كان التطبيق الرئيس للتنجيم. واعتُبر أن كلَّ عضو بشري يقابل أحد الأبراج الفلكية، وأنه مُعرَّض أكثر من غيره لتأثيرات من الكوكب الذي يشبهه في الخواص (الشكل ٥-٢).

المخ — على سبيل المثال — وهو عضو بارد رطب، يتأثر أكثر بالقمر، وهو كوكب بارد رطب (لا يزال مختل العقل في يومنا هذا يوصف بأنه Lunatic، نسبةً إلى الكلمة اللاتينية Luna ومعناها «القمر»)؛ ولذا فإن معرفة المواقع الكوكبية عند بدء الإصابة بالمرض يمكن أن تساعد في التشخيص، عن طريق مساعدة الطبيب في فهم التأثيرات البيئية السائدة، أو تحديد أجزاء الجسم المحتمل إصابتها بالمرض. وفضلًا عن هذا، فقد قيل إن كل شخص لديه نسبة فريدة من الأخلاط — تسمَّى «طبعًا» — يُطبَع عليه عند مولده بفعل التأثيرات الكوكبية السائدة حينئذ؛ وهذا يعني أنه يتعين رد كل مريض إلى طبعه الخاص.

كان الطب في الفترة الحديثة المبكرة يتبع المبدأ القائل إن مقاسًا واحدًا لا يناسب الجميع؛ فكان لا بد من إعداد الأدوية لكل مريض على حدة. لم يكن ممكنًا إعطاء نفس الدواء لكل المرضى، فضلًا عن أنه كان من الضروري اتِّباع نظام غذائي وحمية بالتوازي مع العلاج. ومن ثم، قد يعمد الطبيب إلى فحص خريطة الميلاد الفلكية للمريض ليُكوِّن فكرةً عن طبعه. ويمكن أن تساعد الحسابات التنجيمية في تحديد وقت العلاجات الطبية، تبعًا للفكرة الأبقراطية عن «الأيام الحرجة»، بمعنى أنه أثناء تطور المرض تكون هناك نقاط «أزمة» يتعين التغلب عليها بنجاح حتى يُشفى المريض. واعتمد التشخيص أيضًا على فحص البول، وكانت هناك مخططات مرجعية محمولة تحتوي على جداول خاصة بلون ورائحة وقوام، بل وطعم بول المرضى، وعلاقة هذه المؤشرات بالأمراض المختلفة. وينطبق نفس الأمر على معدل النبض وإيقاعه وقوته.

لم تتغير طرق العلاج الطبي — على الأقل بين الأطباء الحاصلين على إجازة — تغيرًا كبيرًا خلال الثورة العلمية. ورغم حدوث تطور بطيء استجابةً للأفكار والاكتشافات الجديدة، فإن جوهر الطب الجاليني والأبقراطي استمر فترة طويلة من القرن الثامن عشر (وإن كان نجم طرق التشخيص التنجيمي قد بدأ يأفل في القرن السابع عشر). وهذه الاستمرارية تعكس ثبات المناهج الدراسية الطبية، وكذلك رسوخ النقابة أو البنية



شكل ٥-٢: رسم تخطيطي لأعضاء الجسم وما يطابقها من الأبراج الفلكية. الصورة مأخوذة من موسوعة جمعها جريجور رايش في الفترة الحديثة المبكرة بعنوان «اللؤلؤة الفلسفية» (فرايبورج، ١٥٠٣).[1]

الترخيصية للطب التي شجَّعت سياسة المحافظة. ومن ثم، غالبًا ما كانت الابتكارات تأتي من خارج مجتمع الأطباء المرخص لهم. ومع ذلك، كان الترخيص الصارم للأطباء ممكنًا فقط في المراكز الحضرية الكبرى. وفي معظم الأماكن، كانت هناك أعداد كبيرة من المعالجين الذين تلقَّوا قدرًا ضئيلًا (إن وجد) من التعليم الطبي الرسمي يقدمون الخدمات الطبية الناس، وكانت أعدادهم تفوق كثيرًا عدد الأطباء المرخص لهم. وكان كل أرباب البيوت يحتفظون بقائمة من العلاجات المنزلية لأفراد الأسرة والجيران. جعل الصيادلةُ الأدويةَ البسيطة والمعدَّة في متناول الجميع بسهولة حتى كان باستطاعة أي شخص تركيب الأدوية، حتى الغريب (والخطير أحيانًا) منها. كان حلاقو الصحة — جماعة ذوو مكانة دُنيا وتدريبٍ رسمي أقلَّ من تدريب الأطباء — يُجرون العمليات

الجراحية. أما الأطباء «التجريبيون» — أطباء غير حاصلين على إجازة يقدمون مجموعة متنوعة من الأدوية والعلاجات — فقد وجدوا سوق العمل رائجًا في المدن رغم المحاولات المتكررة من أجل حظرهم في لندن، وباريس، وغيرهما من المراكز الكبرى. وفي تناقض صارخ مع الممارسة الطبية الحديثة، كانت بعض العلاجات تتم بالتعاقد؛ بمعنى أن أجر الطبيب كان يعتمد على نجاحه.

تبنى الممارسون غير المرخص لهم الأساليب الطبية الحديثة — مثل الباراسيلسوسية، وكذلك الهيلمونتية (في القرن السابع عشر) — بشغف أكبر، وغالبًا ما كان ذلك يحدث في تحدٍّ مباشر للمؤسسة الطبية. ورغم ذلك فقد دخلت بعض الأساليب الكيميائية الجديدة المختصة بالطب دخولًا بطيئًا، وإن كان ثابتًا في دستور العقاقير الرسمي وفي ممارسات المعاهد المهنية؛ مثل الكلية الملكية للأطباء في لندن، التي تأسست عام ١٥١٨. وفي فرنسا، خاضت كلية الطب الجالينية المحافِظة في باريس والكلية المؤيدة للباراسيلسوسية في مونبلييه معركة استمرت عقودًا بشأن مخاطر الأدوية الكيميائية وفوائدها. وأظهر هذا الصراع أيضًا وجود تصدعات بين الباريسيين المركزيين الملكيين، وأغلبهم من الكاثوليك، وبين أهالي مونبلييه الإقليميين، وأغلبهم من البروتستانت. لم تنتهِ أكثر خلافاتهم حدَّة — حول الاستخدام الطبي للأنتيمون (وهو معدن سام) — إلا بعد عام ١٦٥٨، عندما سقط الملك لويس الرابع عشر مريضًا أثناء إحدى الحملات العسكرية ولم يستجب لعلاجات الأطباء الملكيين التقليدية، فعُولِج بأن تقيَّأ نتيجة تناول جرعة من الأنتيمون في الخمر أعطاها له أحد الأطباء المحليين. لم يكن أمام الكلية الطبية الباريسية فيما بعدُ سوى التصويت على إجازة استخدام هذا المُقَيِّئ الباراسيلسوسي.

التشريح

شهد علم التشريح تطورًا ملحوظًا في الفترة الحديثة المبكرة. ورغم تأكيد جالينوس على أهمية التشريح في العصور القديمة، فقد اعتبر الرومان أن انتهاك أجسام الموتى بالتشريح أمر غير مقبول اجتماعيًّا وأخلاقيًّا، ومن ثمَّ شرَّح جالينوس القردة والكلاب، ونقل استنتاجاته بالتناظر إلى البشر (مع ذلك، رأى جالينوس بلا شك أحشاء بشرية من وقت لآخر من خلال موقعه كطبيب للمُجالِدين). لم تكن عمليات تشريح البشر تحدث إلا في مصر في العصور القديمة، ربما لأن فتح الجسم واستخراج أعضائه كان أمرًا مألوفًا بالفعل من خلال ممارسة التحنيط، لكن في أواخر العصور الوسطى صار

التشريح البشري ممارسة رسمية في الكليات الطبية الإيطالية؛ مثل بادوفا وبولونيا. وبحلول عام ١٣٠٠ تقريبًا، كان مطلوبًا من طلبة الطب أن يشاهدوا تشريحًا بشريًّا كجزء من دراستهم. ولا يوجد أي أساس للخرافة التي ظهرت في القرن التاسع عشر زاعمة أن الكنيسة الكاثوليكية حرَّمت التشريح البشري، بل كان يعيقه في الغالب نقص الجثث؛ فنظرًا لأن الأشخاص ذوي المكانة الرفيعة لم يكونوا ليسمحوا بعرض جثثهم أو جثث أقاربهم وتشريحها أمام الناس، اعتمدت عمليات التشريح على توافر جثث المجرمين المحكوم عليهم بالإعدام، وهؤلاء كانوا من الأجانب غالبًا.

زاد الاهتمام بالتشريح البشري بدرجة كبيرة في بدايات القرن السادس عشر، لا سيما في إيطاليا، ووصل إلى ذروته في كتاب أندرياس فيزاليوس (١٥١٤–١٥٦٤) البارز «عن تركيب الجسم البشري»، الذي نُشر عام ١٥٤٣، وهو نفس العام الذي نشر فيه كوبرنيكوس كتابه «عن مدارات الأجرام السماوية». ولما كان فيزاليوس قد وُلد في بلاد الفلاندرز، فقد درس في جامعة بادوفا وصار مدرسًا للجراحة بها في اليوم التالي لتخرُّجه، وبمساعدة قاضٍ كان يتعمد اختيار مواعيد معينة لأحكام الإعدام (لأنه من دون الثلاجات أو المواد الحافظة كان يتعين تشريح الجثث في الحال)؛ أجرى فيزاليوس الكثير من عمليات التشريح الدقيقة، ملاحظًا أخطاء جالينوس وغيره من العلماء، ومُصنِّفًا أجزاء الجسم البشري بطرق جديدة؛ ليس مجرد تصنيف وظيفي كما كان من قبل، بل تركيبي أيضًا. واعتمادًا على مهارات فنانين من ورشة الرسام الإيطالي تيتيان؛ أشرف فيزاليوس على إنتاج رسومات تشريحية تفصيلية شكَّلت ملمحًا رئيسًا في كتابه الذي يشرح كلَّ رسم توضيحي وطبيعته التشريحية بالتفصيل الدقيق. وقد كان من المستحيل إنتاج كتاب غني بالرسوم التوضيحية كهذا لولا وجود المطابع. رغم ذلك، كانت تكلفة الكتاب ذي الجودة العالية مرتفعة، مما دفع فيزاليوس إلى إنتاج طبعة أرخص للطلبة، ومن خلالها نالت أفكاره واكتشافاته ومبادئه التنظيمية انتشارًا واسع النطاق. أدت زيادة الاهتمام بعلم التشريح إلى إنشاء قاعات للتشريح؛ أولًا في بادوفا (١٥٩٤)، ثم ليدن (١٥٩٦)، وبولونيا (١٦٣٧) وغيرها. ورغم أن تلك القاعات كانت مخصصة لتعليم طلبة الطب، فإنها — لا سيما في شمالي أوروبا — جذبت جمهورًا عريضًا من المهتمين بهذا المجال من العامة أيضًا.

لم تقتصر عمليات التشريح على الجثث البشرية ولا على كليات الطب؛ فمع ظهور الجمعيات العلمية في القرن السابع عشر، صارت عمليات تشريح الحيوانات جزءًا أساسيًّا

من أنشطتها؛ ففي السبعينيات والثمانينيات من القرن السابع عشر، تلقت الأكاديمية الملكية للعلوم حديثة الإنشاء في باريس جثث حيوانات غريبة كانت قد نفقت في حديقة حيوان الملك لويس الرابع عشر، وبينها نعامة وأسد وحرباء وغزال وقندس وجمل. وأثناء تشريح الجمل، جرح رئيس الأكاديمية كلود بيرو (١٦١٣–١٦٨٨) نفسه بالمشرط، ومات بسبب العدوى. وفي الخمسينيات والستينيات من القرن السابع عشر في أكسفورد — ثم في الجمعية الملكية بلندن — شرَّح العديد من الباحثين حيوانات ميتة وحية أيضًا (لا سيما الكلاب)، في تجارب مخيفة إلى حد أنه لا يمكن للقارئ المعاصر تقبُّلها (وقد انزعج بويل نفسه من هذه التجارب). سعت تلك التجارب إلى معرفة الآليات الحقيقية لعمل الأعصاب، والأوتار، والرئتين، والأوردة، والشرايين. وغالبًا ما كانت تتضمن حقنًا لسوائل مختلفة لملاحظة حركتها داخل الجسم وتأثيراتها الفسيولوجية، فضلًا عن عمليات نقل الدم — أحيانًا من حيوان إلى آخر — ومن بينها محاولات لعلاج المرضى من البشر بدم منقول مباشرة من خرافٍ سليمة.

يرجع ذلك الاهتمام بالدم وحركة سوائل الجسم في جزء منه إلى آراء ويليام هارفي (١٥٧٨–١٦٥٧) عن دوران الدم، التي نُشرت عام ١٦٢٨. كان جالينوس يعتبر الجهازين الوريدي والشرياني وحدتين منفصلتين، حيث ينتج الكبد باستمرار دمًا وريديًّا داكنًا توزعه الأوردة على الجسم بغرض التغذية. ويُسحب جزء من هذا الدم إلى القلب، حيث يمر خلال مسام في النسيج أو الحاجز الذي يفصل بين البُطينَيْن الأيمن والأيسر؛ وهناك يحوِّله الهواء المسحوب من الرئتين عبر الشريان الرئوي إلى دم شرياني فاتح اللون يغذي الجسم بعد ذلك من خلال الجهاز الشرياني، ولا يعود أي دم منه إلى القلب. إلا أن علماء التشريح في القرن السادس عشر وجدوا مشكلات في منظومة جالينوس؛ إذ تشككوا في وجود مسام في الحاجز القلبي، ووجدوا أن الشريان الرئوي مليء بالدم وليس الهواء. وقد أدت هذه الملاحظة الأخيرة إلى افتراض وجود «الدورة الدموية الصغرى»؛ وفيها يمر الدم الوريدي من القلب عبر الرئتين، ثم يعود إلى القلب قبل أن يتدفق منه إلى الجسم. وفي جامعة بادوفا، درس هارفي مع أكبر علماء التشريح في عصره، وأشهرهم جيرولامو فابريزيو داكوابندنتي (١٥٣٧–١٦١٩)، الذي وصف الصمامات التي وجدها داخل الأوردة. أشار هارفي لاحقًا إلى أن هذا الاكتشاف أدى به إلى التفكير في وجود دورة دموية أكبر.

لاحظ هارفي أن حجم الدم الذي يضخه القلب سوف يستهلك مخزون الجسم في دقائق ما لم يُعَد تدويره بطريقة أو بأخرى. وباستخدام ضمادات لوقف تدفق الدم

وقفًا انتقائيًّا، استنتج هارفي بالتجربة وجود «الدورة الدموية الكبرى»؛ بمعنى أن القلب يضخ الدم في حركة دورانية عبر الجهازين الشرياني والوريدي المتصل أحدهما بالآخر. وأحس هارفي بالرضا عن فكرة الحركة الدورانية للدم؛ لأنها تعني أن العالم الصغير (جسم الإنسان) يضاهي العالم الكبير (السماء)، الذي اعتبر أرسطو حركته الدورانية الطبيعية هي الأكثر كمالًا. والحقيقة أن هارفي تمسَّك بأساليب أرسطو ومناهجه، وركَّز اهتمامه على القلب والدم. وأحد أسباب ذلك هو الدور الرئيس الذي نسبه أرسطو لهما. وهذا مثال آخر لأهمية أرسطو المستمرة في الثورة العلمية. إلا أن هارفي لم يكن قادرًا على اكتشاف الشعيرات الدموية الدقيقة التي تصل الشرايين بالأوردة؛ فلم تُرَ هذه الشعيرات إلا بعد وفاة هارفي بأربع سنوات على يد مارتشيلو مالبيكي (١٦٢٨–١٦٩٤)، الذي لاحظ حركة الدم عبر أوعية دقيقة تربط الوريد الرئوي بالشريان الرئوي في الأنسجة الرئوية الشفافة في الضفادع، ومنها استنتج وجود أوعية مماثلة تربط بين الشرايين والأوردة في جسم الإنسان. ولكي يصل مالبيكي إلى هذه الملاحظة؛ فإنه استخدم اختراعًا حديثًا نسبيًّا، وهو الميكروسكوب.

استعمال الميكروسكوب، والميكانيكية، والتولُّد

يكتنف الغموض ظهور الميكروسكوب في بدايات القرن السابع عشر، لكنه — مثل التليسكوب — كشف عن عالم جديد، وأثار أفكارًا جديدة. استخدم جاليليو جهازًا شبيهًا بالتليسكوب لتكبير الأجسام الصغيرة، لكن أول الرسوم التي أُعِدَّت باستخدام الميكروسكوب ظهرت في دراسات على النحل أجريت عام ١٦٢٥، على يد فرانشيسكو استللوتي وفيديريكو تشيتشي، وأُهديت إلى البابا أوربان الثامن الذي استخدمت أسرته «آل باربريني» النحل رمزًا. وفي الستينيات من القرن السابع عشر، صمم روبرت هوك ميكروسكوبًا مطوَّرًا لفحص كل شيء بدءًا من الحشرات الدقيقة مثل القمل، إلى بلورات الصقيع، والتركيب الدقيق للفلين الذي وجده مقسمًا إلى حجرات سماها «خلايا». بعدها ابتكر أنتوني فان ليفينهوك (١٦٣٢–١٧٢٣) — وكان تاجر أقمشة ومعاين أراضٍ في دلفت — أبسط أجهزة التكبير وأقواها. صمم ليفينهوك أكثر من خمسمائة ميكروسكوب مستخدمًا خرزة زجاجية كروية دقيقة كعدسة في كل منها، ونشر ملاحظات ميكروسكوبية تفوق ما نشره أي مؤلف آخر، وفحص باستخدام تلك الميكروسكوبات مجموعة هائلة من الأشياء، ومنها «الديدان» في السائل المنوي للإنسان

والحيوان، والكريات الموجودة في الدم (وحركتها عبر الشعيرات في ذيل سمكة أنقليس صغيرة)، والبكتيريا الموجودة في اللويحات التي تغطي الأسنان، والحيوانات الدقيقة المحتشدة في مياه البرك، ونقيع المواد النباتية. وقد أدى اكتشافه للحيوانات المنوية إلى جدل قوي حول طبيعة التولد الحيواني والنباتي. كان ليفينهوك نفسه يؤيد نظرية «التخلُّق المسبَق»، بمعنى أن كل حيوان منوي — أو كل بويضة حسبما قال بعض معاصريه — يحتوي نسخة دقيقة الصغر من الجنين الجديد. يرى الرأي المعاكس — نظرية «التخلُّق المتوالي» — أن التركيب الجنيني يتكون «من جديد» وفي مراحل متعاقبة أثناء الحمل. راقت نظرية التخلُّق المُسبَق على وجه التحديد للفلاسفة الميكانيكيين؛ لأنها تختزل عملية التولد في عملية مبسطة من النمو الميكانيكي؛ إذ يتحول الكائن الدقيق إلى كائن أكبر فأكبر عن طريق التمثيل الغذائي لمادة جديدة. وهكذا أغفلت هذه النظرية القوى الحيوية اللامادية التي اعتبرها معظم مؤيدي نظرية التخلق المتوالي ضرورة لتحويل المادة غير المتشكلة — مثل السائل المنوي و/أو دم الحيض أو سائل البيضة — إلى جنين مميز ذي بنية عضوية. وقد لاحظ هارفي — أحد مؤيدي نظرية التخلق المتوالي — عند فتح بيض الدجاج في مراحل مختلفة من نموها أن الدم يتكون أولًا؛ الأمر الذي اعتبره دليلًا على أنه ركيزة الحياة، وأنه روح حيوي توجِّه تكوُّن الجنين. غير أن نظرية التخلق المسبق أثارت تساؤلًا عن المكان والوقت الذي يبدأ فيه الشكل الدقيق من الكائن الجديد، فافترض قلة من العلماء أن جميع الأجيال المستقبلية كانت محتواة — الواحد منها داخل الذي يليه — داخل أول فرد خلقه الله من النوع ذي الصلة.

أثار كشف الميكروسكوب للبِنَى التي تبدو في ظاهرها آلية داخل الأجسام الحية حماس أنصار الفلسفة الميكانيكية بصفة خاصة؛ ولذا كان معظم اختصاصيي الميكروسكوبات في أواخر القرن السابع عشر من الميكانيكيين. تبنَّى هؤلاء نظرية هارفي عن الدورة الدموية — وأحد أسباب ذلك أنها اعتبرت القلب مضخة، أي جهازًا آليًّا، رغم أن هارفي نفسه كان أبعد ما يكون عن الفكر الميكانيكي — وجدُّوا من أجل اختزال الأنظمة الحية المعقدة إلى مبادئ ميكانيكية؛ ففي فلورنسا، حلَّل جيوفاني ألفونسو بوريلي (١٦٠٨–١٦٧٩)، على سبيل المثال، الحركة الحيوانية باعتبارها آلات مبسطة، فشبَّه العظام والأوتار والعضلات بالروافع ونقاط الارتكاز والحبال، وسوائل الجسم والأوعية بالسوائل الهيدروليكية والأنابيب، ومن هنا أطلق ما سُمِّي فيما بعد الميكانيكا الحيوية. وفي لندن، استكشف نيامِيا جرُو (١٦٤١–١٧١٢) البِنَى التشريحية

الخفية للنباتات؛ مما ساعد في تأسيس علم فسيولوجيا النبات. وقد وصل الأمر ببعض الميكانيكيين أنهم كانوا يأملون في أن تمكِّنهم الميكروسكوبات المطوَّرة من المشاهدة المباشرة للذرات وأشكالها وحركاتها، بما يكشف المبادئ التفسيرية الأساسية للفلسفة الميكانيكية.

كانت المشاهدات المجهرية — شأنها شأن جميع المشاهدات الأخرى — عرضة للتأويلات المتضاربة؛ فبينما كان من الممكن تأويل اكتشاف الحيوانات المنوية لصالح نظرية التخلُّق المسبق، فإن الاكتشاف المعاصر لظهور عدد لا حصر له من الكائنات الحية من تلقاء نفسها في الماء الراكد عضَّد بقوة الأفكار التي كانت راسخة بخصوص التولد التلقائي (بمعنى أن الكائنات الحية يمكن أن تنشأ من مادة غير حية)؛ مما يعضد بدوره فكرة التخلق المتوالي القائلة إن البِنَى الحية تنشأ من مادة عديمة الشكل أصلًا. وعلى مدى قرون سابقة، كان معظم الفلاسفة الطبيعيين يزعمون ظهور أشكال حياة بسيطة تلقائيًّا تحت ظروف معينة؛ إذ قالوا إن النحل تولَّد من جثة ثور متحللة، والديدان من الطين، واليرقات من اللحم المتعفن. وفي سلسلة تجارب شهيرة في الستينيات من القرن السابع عشر في قصر مديتشي، ترك فرانسيسكو ريدي (١٦٢٦–١٦٩٧) عينات من اللحم في العراء حتى تتعفن، حيث غطى بعضها بشبكة أو بقطعة من القماش وترك البعض الآخر في الهواء الطلق. كوَّن اللحم المتروك في الهواء الطلق يرقات، بينما لم تتكون أي يرقات في اللحم الذي مُنع عنه الذباب. وكحال معظم التجارب التي اعتُبرت «قاطعة» عند النظر إليها فيما بعدُ، لم تقضِ تجارب ريدي في الحال على الاعتقاد في التولد الذاتي؛ إذ كان من الممكن تقديم تفسيرات أخرى للنتائج (وهو ما حدث بالفعل)، بل إن ريدي نفسه وافق على أن بعض الحشرات — مثل زنبور عَفْص البلوط — قد يتولد مباشرةً من مادة نباتية. ورغم أن المحدثين اليوم يسخرون دومًا من الاعتقاد في التولد الذاتي، فجدير بالذكر أن أي عالم معاصر لا يؤمن بوجود خلق خاص لأول صورة حية بفعل التدخل المعجِز لله، لا بد وأن يكون مؤمنًا بفكرة التولد الذاتي للحياة من مادة غير حية.

لم ترُق النظرة الميكروسكوبية ولا الميكانيكية بخصوص الأنظمة الحية للتوقعات. وسرعان ما بلغت حدود التكبير وتوضيح الصورة — باستخدام المواد والأنظمة البصرية المتاحة — أعلى مستوياتها. وكشف الفحص المجهري عن قدر هائل من التعقيد في الأنظمة الحيوية، حتى إن التفسيرات الميكانيكية كانت تبدو يومًا بعد يوم غير ملائمة لتفسير تكوينها أو عملها. لكن حتى في الوقت الذي بلغت فيه الأساليب الميكانيكية

أوج انتشارها، ازدهرت أيضًا النماذج الأكثر حيوية. والواقع أن الحد الفاصل بين غير الحي والحي لم يكن واضحًا تمامًا في القرن السابع عشر، وكثيرًا من المفكرين خلطوا بين الأنظمة الميكانيكية والحيوية؛ فمثلًا: كان قليل من أنصار الآلية متشددين لدرجة أنهم أنكروا وجود روح باعثة للحياة في الأنظمة الحية. لا تحتاج تلك الروح أن تكون كالروح البشرية الخالدة اللامادية التي ذكرت في اللاهوت المسيحي، لكن اعتُبر أنها موجودة في صور أو مستويات مختلفة في كيانات مختلفة (ربما يكون مصطلح «الروح الحيوية» أفضل تعبير عن هذا المفهوم لدى القراء المعاصرين). وترجع هذه المفاهيم إلى أرسطو، الذي افترض وجود ثلاثة مستويات للروح: روح «نباتية» في النباتات مسئولة عن مراقبة النمو والتمثيل الغذائي، وفي الحيوانات روح «حساسة» أخرى للتحكم في الحس والحركة، وفي البشر — إضافة إلى الروحين النباتية والحساسة — روح «عقلانية» للتحكم في التفكير والإدراك. ويرى كثيرون أنه إذا كان بوسع المبادئ الميكانيكية تفسير البِنَى والوظائف الجسمانية المعينة، فإن تنظيم الكائن الحي والحفاظ عليه ككل — ناهيك عن الوعي والإدراك — هي من وظائف الروح.

الهيلمونتية

لعل أشمل نظام حديث للطب ظهر في القرن السابع عشر كان ما وضعه الفيلسوف الطبيعي والكيميائي والطبيب والنبيل الفلمنكي جوان بابتيستا فان هيلمونت (١٥٧٩–١٦٤٤). جمع هيلمونت بين الكيمياء، والطب، واللاهوت، والتجربة، والخبرة العملية داخل منظومة متماسكة بالغة التأثير. وتعبِّر مقولاته الواردة في سيرته الذاتية عن عدم رضائه عن التعليم التقليدي، ورغبته في السعي وراء معرفة جديدة تتطابق تمامًا مع مفكري عصر الثورة العلمية. يروي هيلمونت كيف أنه ارتاد جامعة لوفان، لكنه رفض نيل شهادته لأنه شعر أنه لم يتعلم شيئًا. بعدها درس مع اليسوعيين ولم يشعر بأنه أفضل حالًا، ثم حصل على درجة الطب، لكنه وجد أسس الطب «بالية»، فاتجه إلى الباراسيلسوسية ليرفض أغلب ما فيها أيضًا. وهكذا حاول فان هيلمونت البدء من الصفر، وأطلق على نفسه لقب «فيلسوف بالنار»، بمعنى أن تدريبه لم يأتِ من التعليم التقليدي، ولكن من تجاربه في الأفران الكيميائية. والحق أن فان هيلمونت كان ملاحظًا فوق العادة، فكان يصف أصل العديد من الأمراض وأعراضها ومراحل تطورها على نحو لم يُعرف إلا بعد قرون لاحقة.

رفض فان هيلمونت فكرة العناصر الأربعة لأرسطو وفكرة «الثلاثي الأوَّلي» لباراسيلسوس، مفترضًا بدلًا من ذلك أن الماء هو العنصر الوحيد الذي يشكِّل أساس كل شيء. ولا تعود هذه الفكرة بالذكرى إلى طاليس أقدم الفلاسفة الإغريق فحسب، لكن الأهم من ذلك (من منظور فان هيلمونت) أنها تعود إلى سِفر التكوين الإصحاح الأول/الآية الثانية؛ حيث «روح الله يرف على وجه المياه.» حاول الفيلسوف البلجيكي التأكيد على هذه الفكرة تجريبيًّا، ومن أشهر ما فعله أنه غرس شجيرة صفصاف وزنها خمسة أرطال داخل مائتي رطل من التربة، وظل يسقيها بالماء على مدى خمس سنوات. وفي نهاية هذه المدة، كانت الشجرة تزن ١٦٤ رطلًا، بينما لم تفقد التربة شيئًا من وزنها إلا النزر اليسير؛ ومن ثم استنتج فان هيلمونت أن البنية الكلية للشجرة لا بد وأنها تكونت من الماء وحده. وعلى أساس ما قاله فان هيلمونت؛ فإن البذور التي غُرست في العالم عند خلقه كانت لديها القدرة على تحويل الماء إلى جميع المواد. وهذه البذور ليست بذورًا مادية مثل حبوب الفول، لكنها أسس منظِّمة غير مادية، مثل الأساس الحيوي غير المرئي الذي ينظِّم سائل مح البيضة حتى يصير كتكوتًا. والنار والعفن يدمران البذور وقدرتها التنظيمية؛ ومن ثم يحوِّلان المواد إلى مواد شبه هوائية أعطاها فان هيلمونت اسم «غاز». ومن ثم فإن حرق الفحم النباتي وتخمير الجعة يطلقان غازًا خانقًا، وحرق الكبريت يطلق غازًا كريه الرائحة. وفي الأجزاء الباردة من الجو ينهي هذا الغاز تحوله مرة أخرى إلى ماء أصلي، ويسقط في صورة مطر، وهكذا تنتهي دورة التحولات المتعاقبة للماء في المنظومة التي وضعها فان هيلمونت للطبيعة.

رأى فان هيلمونت أن العمليات الجسمانية كيميائية في الأساس، وهي فكرة شبيهة بما توصل إليه باراسيلسوس وإن كانت أكثر تعقيدًا؛ فقد اكتشف حموضة العصارة المعدية المسئولة عن الهضم، وأجرى تحاليل على سوائل الجسم، لا سيما البول؛ للوقوف على سبب واحد من أكثر أمراض القرن السابع عشر إيلامًا؛ وهي حصوات الكلى والمثانة، وإيجاد علاج له، إلا أن العمليات الكيميائية لم تكن كافية وحدها لتفسير العمليات الحياتية؛ بل لا بد من توجيهها من قِبل كيان شبه روحي مستقر في الجسد يسمى «جوهر الحياة». وقد اعتبر فان هيلمونت أن جوهر الحياة ينظم الوظائف الجسمانية ويضبطها. وينتج المرض عن ضعف هذا الجوهر، بحيث لا يكون قادرًا على أداء واجباته، مما يستوجب أن يعمل العلاج الطبي على تقويته. وبناءً على ذلك، رفض فان هيلمونت أفكار جالينوس بشأن الحالة المزاجية، والأخلاط الأربعة، وطرق العلاج، وقال إن أمراضًا

مثل الطاعون لا تحدث بسبب اختلال في توازن الأخلاط، بل بسبب «بذور» خارجية للمرض تغزو الجسم وتغيره. ويستطيع جوهر الحياة القوي أن يبدد هذه البذور، بينما يحتاج جوهر الحياة الضعيف إلى المساعدة (لاحظ أنه في الطب الجاليني والطب الهيلمونتي، يتلخص دور الطبيب دائمًا في «مساعدة» العمليات الطبيعية دون تحويل اتجاهها أو التأكيد على سيطرته على الجسم). ركَّز فان هيلمونت أيضًا على دور الحالة العقلية والوجدانية للمريض، وزعم أن قوة التخيل يمكن أن تسبب تغيرات بدنية في الجسم. وقد أثرت أفكار هيلمونت تأثيرًا بالغًا في العديد من الأطباء وعلماء الفسيولوجيا والكيميائيين.

وجدير بالذكر أن المفاهيم الميكانيكية والحيوية بشأن الأنظمة الحية لم تكونا متضاربتين، بل كانتا تمثلان طرفي سلسلة متصلة. وقد اتخذ كثير من الأطباء والفلاسفة الطبيعيين مواقع وسطية على هذه السلسلة. اعتبر جاسندي — أحد معاصري فان هيلمونت — «البذور» أسسًا قوية قادرة على تنظيم المادة لتتحول إلى أشكال جديدة، ولكن بينما كانت «بذور» فان هيلمونت غير مادية، كانت بذور جاسندي ائتلافات خاصة من ذرات مادية (إلهية الترتيب) تؤثر آليًّا على المادة. والواقع أن الافتراضات الميكانيكية والحيوية أسفرت عن ظهور أنظمة طبية هجينة في القرن الثامن عشر، مثل نظام جورج إرنست ستال (١٦٥٩–١٧٣٤) الذي ركَّز على الطبيعة الميكانيكية للتحولات الكيميائية، لكن مع الحاجة إلى القوى الحيوية اللازمة لتنظيم الأنظمة الحيوية والتحكم فيها. وقد جمَّع هيرمان بورهاف (١٦٦٨–١٧٣٨) — أكثر الأصوات تأثيرًا في الطب في القرن الثامن عشر، لا سيما في علم أصول التدريس — خيوطًا متفرقة من الفلسفة الطبيعية في القرن السابع عشر. وبصفته أستاذًا للطب والكيمياء بكلية الطب في جامعة ليدن، فقد دافع باستماتة عن طرق العلاج الأبقراطية (حيث التركيز على البيئة وعلى الحالة الفردية لكل مريض على حدة)، وعن أهمية الكيمياء في تعليم الطب. جمع منهجه في التعامل مع الطب والجسم بين أوجه الفلسفة الميكانيكية التي وضعها بويل، وفيزياء نيوتن، و«بذور» فان هيلمونت. وقد اعتُمدت إصلاحات بورهاف الخاصة بالتعليم الطبي في كثير من أنحاء أوروبا (ومن ثم كان يسمى أحيانًا «معلِّم أوروبا»)، وكانت أساسًا لتغيرات جوهرية ستحدث في الطب في القرن الثامن عشر.

النباتات والحيوانات

اتسع نطاق دراسة علم النبات وعلم الحيوان بدرجة هائلة في القرنين السادس عشر والسابع عشر. وقد كان الموقع النصي التقليدي لمواد كهذه هو الشكل الموسوعي المأخوذ عن العمل الجامع الذي ألَّفه بليني الأكبر (٢٣–٧٩ ميلادية) تحت عنوان «التاريخ الطبيعي»؛ حيث حاول تجميع المعرفة الإغريقية وتبسيطها على العامة من الرومان. وملأت المعلومات الموسوعية عن النباتات والحيوانات كتب الأعشاب والمؤلفات الخاصة بالحيوانات، واستمر هذا النسق أثناء الثورة العلمية. ومن أشهر تلك الموسوعات موسوعة «تاريخ الحيوانات» بأجزائها الخمسة التي وضعها كونراد جِسنر (١٥١٦–١٥٦٥)، والتي تحوي المئات من الرسوم المطبوعة على الخشب، غير أن الكثير من تلك الأجزاء قد يبدو غريبًا للقراء المعاصرين؛ لأنها تخلط بين التفاصيل الطبيعية والوصفية عن أنواع مختلفة من المخلوقات، إلى جانب قدر وفير من المعاني الأدبية، والاشتقاقية، والتوراتية، والأخلاقية، والأسطورية، والمجازية التي تجمَّعت حول كل حيوان أو نبات منذ العصور القديمة؛ فوصفٌ للطاووس لن يكون كاملًا دون الإشارة إلى زهوه وخيلائه، ولن يكتمل وصف الثعبان دون الإشارة إلى دوره الخادع في سقوط آدم، ولن يكتمل وصف نبات لسان الحمل (وهو نبات شائع ينمو في ممرات المشاة) دون الإشارة إلى كيفية دلالته على الطريق الذي وطِئَه المسيح. لا تُقدَّم النباتات والحيوانات كأنواع منعزلة، ولكن ضمن شبكات ثرية بالمعاني والتلميحات؛ فكلها رموز وأشياء طبيعية تعتمد على رؤية عالم مليء بالمعاني؛ عالم لفظي ومجازي في وقت واحد؛ عالم مليء برسائل رمزية تنتظر من يقرؤها. نتيجة ذلك أنه حتى الحيوانات الخرافية، كوحيد القرن والتنين وغيرها من الوحوش المختلفة، توصَف جنبًا إلى جنب مع كائنات معروفة؛ ليس بالضرورة لأن المؤلفين آمنوا بأنها عاشت على الأرض، بل لأنها — سواء وُجدت في العالم المادي أم لا — تحمل معنًى بفضل وجودها في العالم الأدبي. وبينما قد يجد القراء المعاصرون تلك النصوص غريبة وساذجة، أو مثقلة بتفاهات غير علمية، فإن قرَّاءها الأصليين كانوا — على الأرجح — سيعتبرون النصوص الوصفية النباتية أو الحيوانية الحديثة عقيمة ومنفصلة عن البشرية انفصالًا غريبًا.

ثمة تطوران اثنان في الفترة الحديثة المبكرة حوَّلا مسار هذا التقليد الرمزي إلى اتجاهات أخرى؛ الأول: هو حاجة الطب إلى تمييز العلاجات العشبية. فمع استمرار الباحثين من أصحاب الفكر الإنساني في إحياء وتحرير ونشر النصوص الطبية الإغريقية؛

زادت ضرورة تمييز النباتات الطبية التي ذكرتها تلك النصوص، والمساعدة على تحديد مواقعها في البرية. ومن ثم كانت هناك حاجة لكتب جديدة عن الأعشاب تسد الفجوة بين النصوص القديمة وبين ما ظهر في القرن السادس عشر. ولتحقيق هذه المهمة، لم تكتفِ كتب الأعشاب الجديدة بالربط بين الأسماء الشائعة والأسماء الإغريقية القديمة، بل قدَّمت صورًا توضيحية طبيعية دقيقة لها. وكما تعاون فيزاليوس مع فنانين من ورشة الرسام تيتيان، فإن جيلًا جديدًا من علماء النبات في القرن السادس عشر عملوا مع الفنانين لإنتاج كتب عن الأعشاب بها رسوم توضيحية كثيرة مأخوذة من الطبيعة؛ مثل: كتاب أوتو برونفيل «الصور الحية للنباتات» (١٥٣٠–١٥٣٦)، وكتاب ليونهارت فوكس «تاريخ النباتات» (١٥٤٢). أما التطور الثاني، فكان اتساع الآفاق الأوروبية. على المستوى الأكثر حصرًا، وصف المؤلفون القدماء، مثل ديوسقوريدس، نباتات البحر المتوسط في الأغلب، ولم يتعرفوا على الأنواع الأوروبية الشمالية، ومن ثم صار ضروريًّا تقديم بيانات عن النباتات التي ليس لها أصول كلاسيكية. وقد وُجدت نفس المشكلة — ولكن على نطاق أكبر بكثير — فيما يتعلق بعدد لا حصر له من النباتات والحيوانات التي صادفها الأوروبيون لأول مرة في رحلاتهم خارج أوروبا، لا سيما في الأمريكتين؛ فالنباتات التي تؤكل مثل البطاطس، والذرة، والطماطم، والأخرى المستخدمة في الطب مثل «لحاء يسوع» (أو شجر الكينا، مصدر مادة الكينين المستخدمة كعلاج للملاريا)، والحيوانات الجديدة مثل الأوبوسوم والجاجوار والمدرَّع، كلها زادت من قائمة النبات والحيوان المعروفة للأوروبيين زيادة هائلة. لم تكن لهذه المكتشفات الحديثة شبكات متراكمة من المراسلات أو الاستخدامات الرمزية، ومن ثم لم تجد مكانًا لها وسط النسق التقليدي لكتب الأعشاب أو الحيوانات؛ ففي إسبانيا حيث كانت معظم التقارير من العالم الجديد تصل أولًا، كان المكلَّفون من قِبَل الملك بتنظيم المعلومات يُجبَرون على التخلي عن المناهج الموسوعية المعروفة، والمبنية على النماذج الكلاسيكية مثل بليني، ليس فقط لأن الاكتشافات الجديدة تُلبِس الفئات القديمة ثوب القِدَم، لكن أيضًا لأن التدفق الجارف للمعلومات الجديدة جعل من المستحيل تنظيم المعرفة تنظيمًا شاملًا.

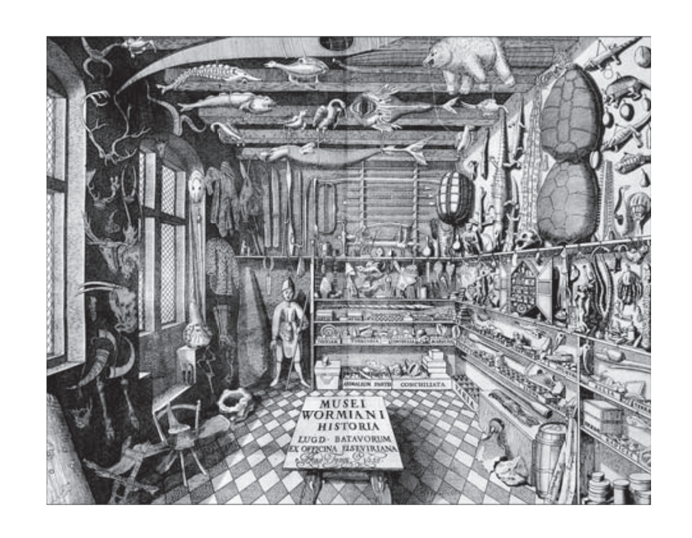
بذل الإسبان في العالم الجديد — وأغلبهم أعضاء في الكهنوت — جهودًا حثيثة من أجل التأريخ لما اكتشفوه من نباتات وحيوانات وممارسات طبية، بالتعاون أحيانًا مع باحثين من السكان الأصليين لإنتاج كتب مزودة بالأشكال التوضيحية. كان خوسيه دي أكوستا (١٥٣٩–١٦٠٠) الذي يطلق عليه أحيانًا «بليني العالم الجديد» يسوعيًّا من بيرو.

وقد كتب — إلى جانب تأسيسه خمس كليات — تاريخًا طبيعيًّا لأمريكا اللاتينية؛ حيث نُشر على نطاق واسع وتُرجم واتُّخذ مرجعًا في أوروبا. وفي عام ١٥٧٠، أرسل الملك فيليب الثاني طبيبه فرانشيسكو هرنانديز على رأس بعثة للبحث خصيصًا عن النباتات الطبية في العالم الجديد. وقضى هرنانديز سبعة أعوام، أغلبها في المكسيك، يعد قوائم بالنباتات ويستفهم عن خصائصها من المعالجين المحليين، بينما أنتج فريق من الفنانين المحليين رسومًا توضيحية لموسوعة مكونة من ستة أجزاء بعنوان «نباتات إسبانيا الجديدة وحيواناتها» (وهي تصف نحو ٣٠٠٠ نبات وعشرات الحيوانات). وحين شعر هرنانديز بالإحباط بسبب استحالة إدخال النباتات الجديدة إلى مخططات التصنيف الكلاسيكية، استخدم الأسماء المحلية من أجل وضع تصنيف نباتي جديد. وفي الوقت نفسه، أعد الراهب الفرنسيسكاني برناردينو دي ساهاجون (١٤٩٩–١٥٩٠) — بالتعاون مع مساعدين ومصادر مطلعة من مجموعات الآزتيك في كلية سانتا كروز بمدينة تلاتيلولكو في المكسيك — كتاب «التاريخ العام للأشياء في إسبانيا الجديدة» (عمل مطول باللغتين الإسبانية والناواتلية يصف ثقافة الآزتيك، وعاداتهم، ومجتمعهم، ولغتهم). أما في إسبانيا، فقد أعد الطبيب نيكولاس مونارديس (١٤٩٣–١٥٨٨) كتابًا بعنوان «التاريخ الدوائي للأشياء القادمة من جزر الهند الغربية»، وصف فيه عشرات الأجناس في العالم الجديد. وبالمثل، تحدَّث الباحثون البرتغاليون؛ أمثال: جارسيا دي أورتا (١٥٠١–١٥٦٨)، وكريستوفاو دا كوستا (١٥١٥–١٥٩٤)، عن اكتشافاتهم الخاصة بالنباتات الطبية والحيوانات الجديدة في الهند وأماكن أخرى في جنوبي وشرقي آسيا.

كان البحث عن أدوية جديدة دافعًا إلى دراسة نباتات جديدة، ومن ثم إنشاء حدائق نباتية ضمن محيط كليات الطب عادةً. كانت حدائق النباتات الطبية جزءًا من الأديرة خلال العصور الوسطى، وأُنشئت حدائق نباتية جديدة على هذا الأساس، واتسع نطاقها لتشمل أغراضًا تدريسية وبحثية. وافتتحت أولى الحدائق النباتية في إيطاليا بجامعتي بيزا وبادوفا في الأربعينيات من القرن السادس عشر، وبجامعة بولونيا عام ١٥٦٨، إلى جانب تخصيص درجات أستاذية في علم النبات الطبي.

سارت على الدرب نفسه مراكز أخرى للتعليم الطبي في فالنسيا (١٥٦٧)، وليدن (١٥٧٧)، ولايبسيج (١٥٧٩)، وباريس (١٥٩٧)، ومونبيلييه (١٥٩٨)، وأكسفورد (١٦٢١)، على سبيل المثال لا الحصر. وتأسست تلك الحدائق وفق نظام دقيق؛ حيث صُنفت أنواع النباتات على أساس خصائصها العلاجية، أو أشكالها المميزة، أو أصولها

الجغرافية. بدأ البحث عن البذور والجذور والشتلات والأبصال، وخضعت للتجارة والمقايضة؛ مما أدى إلى اتساع نطاق النباتات المتاحة في الحدائق عبر أوروبا. وامتد الاهتمام بزراعة النباتات النادرة وتهجينها إلى الأفراد، مما أدى إلى ظهور «جنون التوليب» في القرن السابع عشر في هولندا، حيث استُنزفت الثروات الجديدة التي كوَّنها أفراد الطبقة البرجوازية من أجل الحصول على أنواع مهجنة نادرة، كما خلَّد الفنانون الزهور العجيبة في لوحاتهم الزيتية.



شكل ٥-٣: خزانة عجائب الطبيب الدنماركي أُول وورم من كتاب «متحف وورم» (أو تاريخ الأشياء النادرة الطبيعية والصناعية، المحلية والدخيلة، التي جمعها المؤلف في منزله في كوبنهاجن) (ليدن، ١٦٥٥).[1]

وقد ظهر الاهتمام واسع النطاق بكل ما هو غريب ونادر في تجميع عينات تاريخية طبيعية من جميع الأنواع فيما عُرف باسم «خزانة العجائب» (الشكل ٥-٣). وبينما كانت هذه المجموعات نواة للمتاحف من جانب، فإنها اتُّخذت أيضًا لعرض نفوذ جامعيها وثرواتهم وعلاقاتهم واهتماماتهم، ولإثارة الدهشة من عجائب الطبيعة والفن. جمَّع الأمراء والنبلاء والدارسين مجموعات تضمنت «الطبيعي»؛ مثل الأنواع النباتية

والحيوانية والمعدنية، وأيضًا «الصناعي»؛ مثل الآلات الميكانيكية، وأعمال الفن والحرف المذهلة، والأشياء الإثنوغرافية (تتعلق بوصف الأجناس البشرية) والأثرية القديمة. وقد جمَّع أوليس ألدروفاندي (١٥٢٢–١٦٠٥) واحدة من أوائل تلك المجموعات (ما زال جزء منها موجودًا في بولونيا). وكان أثناسيوس كيرشر ينظم جولات سياحية في متحفه في كلية روما لا ينبغي أن يتخلف عنها أي من زوار روما، المدينة الخالدة، في القرن السابع عشر. وكان الترتيب المادي للأشياء داخل الخزانة يركز على العلاقات بين الأشياء، وهي أمور قد لا يلتفت إليها الكثيرون منا. ومن ثم صارت تلك الخزانات عوالم صغيرة من نوع آخر تعرض وترمز إلى العجائب المختلفة لعالمي البشر والطبيعة المترابطين، وكل ذلك مكدَّس في غرفة واحدة.

هوامش

(1) Courtesy of the Roy G. Neville Historical Chemical Library, Chemical Heritage Foundation, Philadelphia.

الفصل السادس

بناء عالم من العلم

لا يقتصر العلم على دراسة المعارف الخاصة بالعالم الطبيعي وتكديسها؛ فبدءًا من أواخر العصور الوسطى وصولًا إلى يومنا هذا تزايد استخدام المعرفة العلمية من أجل تغيير ذلك العالم، ومنح البشر سيطرة أكبر عليه. وبناء العوالم الجديدة التي نعيش فيها الآن جزء كبير من حياتنا، وذلك على نحو أكثر انعزالًا من أي وقت مضى على ما يبدو عن العالم الطبيعي. واليوم يزداد عدد الأشخاص الذين يحاطون من كل جانب بعالم اصطناعي أنشأته التكنولوجيا، حتى إنهم لا يلاحظون اعتمادهم عليه إلا حينما يعتريه القصور، وحينئذ يجدون أنفسهم عاجزين كفلاح في العصور الوسطى لم يسقط المطر على زروعه. ومن ثم، غالبًا ما يصاب المعاصرون بالفزع حينما يعيد العالم الطبيعي التأكيد على وجوده، بالتدخل على نحو غير مناسب في هذا العالم الاصطناعي؛ كأن تضرب الشهب أو الانفجارات الشمسية أنظمة الاتصالات عبر الأقمار الصناعية، أو تقطع صواعق البرق الطاقة الكهربائية، أو تعيق الانفجارات البركانية حركة الطيران. لقد غيَّر انتشار التكنولوجيا العالم اليومي للبشر تغييرًا أكثر جذرية من أي شيء آخر في القرون القليلة الأخيرة. وهذا الانفجار التكنولوجي يعتمد على البحث العلمي ويشجع عليه في آن واحد. ولقد شهد القرنان السادس عشر والسابع عشر تحولًا خاصًّا نحو استخدام المعرفة والدراسة العلمية في مواجهة المشكلات والاحتياجات المعاصرة.

عالم اصطناعي

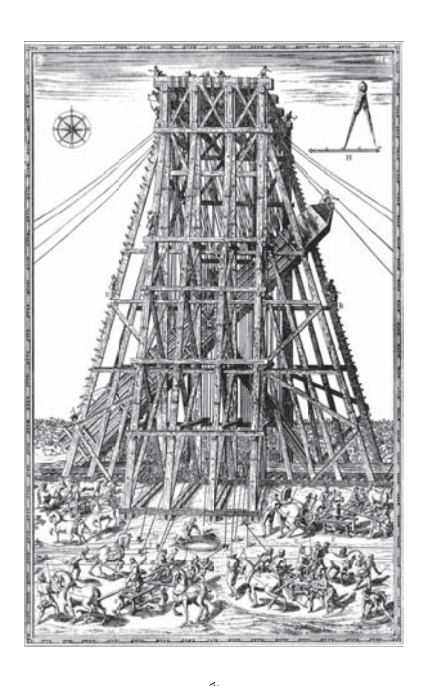
في إيطاليا في عصر النهضة، غيَّرت المشروعات الهندسية الجديدة الطموحة المنظر الطبيعي ومنظر المدينة أيضًا. تطلبت القنوات ومحطات المياه أراضي جديدة، ووفرت مياهًا للشرب وطرقًا للنقل. وقد أدى إنشاء فيليبو برونليسكي (١٣٧٧–١٤٤٦) لقبة

الكاتدرائية الهائلة ذات الطبقتين بتقنيات إنشائية مبتكرة إلى ظهور خط أفق جديد في فلورنسا. واستوفى التصميم الحضري الجديد تركيز المذهب الإنساني على الحياة المدنية، وأعلن عن حكمة الأمراء الحاكمين ونفوذهم، بينما حمت الحصون الجديدة مصالحهم. وكما هي الحال غالبًا، فإن تقنية جديدة واحدة أدت إلى تطور تقنيات أخرى. ومع التحول التكنولوجي في فنون الحرب في القرن الخامس عشر (بزيادة استخدام البارود وإنتاج مدافع البرونز المتحركة)، أصبحت حصون العصور الوسطى بلا جدوى؛ إذ صارت أبراجها المرتفعة ذات الفتحات أهدافًا ممتازة للمدفعيات؛ ومن ثم اعتمدت منظومة جديدة من التحصين على المبادئ الهندسية، وصارت أجزاء أساسية من تعليم النبلاء. وأسفرت الاهتمامات العملية العاجلة (والطموحات الأميرية) — أولًا في القرن السادس عشر في إيطاليا، ثم في كل مكان آخر — عن ظهور طبقة من المهندسين والمعماريين المتعلمين الذين تحولوا أكثر فأكثر — سعيًا على خطى العالِمين القديمين أرشميدس وفيتروفيوس — إلى المبادئ والتحليلات الرياضية لحل المشكلات العملية. قدمت هذه الطبقة الناشئة — التي اتخذت مكانها بين الحرفيين الذين يعتمدون على الخبرة اليدوية المتراكمة والدارسين المعزولين عن الحياة العملية — أساسًا مهمًّا للاستخدام المتزايد للرياضيات في استكشاف العالم، وهو ملمح أساسي من ملامح الثورة العلمية. ويعد ليوناردو دافنشي (١٤٥٢–١٥١٩) أحد الأمثلة الأولى لهذه الجماعة «المتوسطة»، وكذلك المهندس العسكري تارتاليا في منتصف القرن السادس عشر. وفي نهاية ذلك القرن، استمد جاليليو الإلهام واستعار المناهج من المهندسين المتعلمين.

كانت النزعة العملية والرغبة الإنسانية في محاكاة القدماء مصدرَي إلهام للتجديدات التي شهدتها مدينة روما. اكتشفت المشروعات المقامة تحت رعاية البابا قنوات المياه وقنوات المجاري القديمة وأعادت بناءها.

أُزيلت كنيسة القديس بطرس المتداعية التي كانت قد بُنيت في القرن الرابع، وذلك لبناء كاتدرائية جديدة شاسعة لا تزال موجودة حتى اليوم، وهو ما أسفر عن أحد أعظم الإنجازات الهندسية في القرن السادس عشر، وهو نقل مسلة الفاتيكان. والمسلة عبارة عن حجر واحد يصل ارتفاعه إلى ارتفاع مبنى من ستة طوابق، ويزن أكثر من ٣٦٠ طنًّا، وقد أقامها الرومان في القرن الأول. عام ١٥٨٥، ومع اقتراب كاتدرائية القديس بطرس من المسلة، أطلق البابا سيكستوس الخامس دعوة لتقديم مقترحات بشأن نقل المسلة المصرية القديمة إلى موقع آخر — وهي أول مرة تُنقل فيها إحدى المسلات

على مدى ١٥٠٠ سنة. أُسندت المهمة إلى المهندس دومينيكو فونتانا (١٥٤٣–١٦٠٧). وباستخدام القوة المجتمعة لـ ٧٥ حصانًا، و٩٠٠ رجل يشغِّلون ٤٠ ونشًا وخمس روافع طول كل منها ٥٠ قدمًا، وحبالًا طولها ثمانية أميال، نجح فونتانا في رفع المسلة — المحاطة بدعامات حديدية — وأوقفها على قاعدتها في ٣٠ أبريل عام ١٥٨٦. واعتُبِرت هذه العملية من الأهمية بمكان حتى إن البابا سمح بهدم جزء من الكاتدرائية المعاد ترميمها حديثًا لإتاحة أفضل تشغيل للروافع والأوناش. وبعد ذلك أمال فونتانا المسلة فوق إحدى العربات (الشكل ٦-١)، ونقلها على طول طريق ممهدة، ثم أعاد تنصيبها حيث هي اليوم في مركز ميدان القديس بطرس.



شكل ٦-١: نقل مسلة الفاتيكان، من كتاب ألَّفه دومينيكو فونتانا بعنوان «عن نقل مسلة الفاتيكان» (روما، ١٥٩٠).[1]

تطلبت إنجازات عصر النهضة — والأدوات الاقتصادية والعسكرية التي دعمتها — مواد خام أولية. ومن ثم، شهدت الفترة من ١٤٦٠ إلى ١٥٥٠ طفرة في التعدين، لا سيما في قلب أوروبا حيث وفرة الموارد التعدينية. كان التعدين في العصور الوسطى، بوجه عام، عملية ضيقة النطاق تقتصر على الاستفادة من الطبقات السطحية، إلا أن متطلبات أوروبا في الفترة الحديثة المبكرة — الحديد والنحاس لصنع الأسلحة والمدافع، والذهب والفضة لسك العملات — أسفرت عن نشاط تعديني أوسع نطاقًا، وأكثر تنظيمًا، واستحداث تقنيات أفضل لصهر المعادن وتنقيتها من الشوائب. وتطلب الوصول إلى أعماق أبعد وارتفاعات أكبر المزيد من الوسائل الميكانيكية — ومنها عجلات مائية دافعة، ومعدات لتكسير الصخور، ومضخات لنزح المياه من المناجم، وتهوية أعمدة التهوية — فضلًا عن المزيد من تنظيم العمالة. ولعل أشهر من كتب عن التعدين جورجيوس أجريكولا (١٤٩٤–١٥٥٥)، وهو مدرس ألماني من أنصار الحركة الإنسانية سعى إلى تنظيم المعرفة الخاصة بالتعدين وتنميتها. حاولت أطروحته اللاتينية الشاملة والثرية بالرسوم التوضيحية «عن الأشياء المعدنية» إعلاء شأن نشاط كان يُعَد دونيًّا، وذلك بالربط بين ممارسات التعدين الألمانية والأدب الكلاسيكي، وابتكار مفردات لاتينية لعلم المعادن. وتوضح صور الأشجار المقطوعة، والدخان، وجداول الانسيال السطحي التي ظهرت عرضًا في رسوم أجريكولا التوضيحية كيف أن هذا النمو التكنولوجي قد أضر كثيرًا بالبيئة. والمرجح أن كتب لازار إركر (نحو عام ١٥٣٠–١٥٩٤) — أحد المشرفين على عمليات التعدين — المكتوبة باللغة الألمانية كانت أكثر نفعًا للممارسين الفعليين؛ إذ تزخر هذه الكتب بالخبرة العملية عن معالجة المعادن الخام، واختبار نقاوة المعادن، وتحضير المنتجات الكيميائية مثل الأحماض والأملاح بما فيها نترات البوتاسيوم، وهو المكون الأساسي في البارود. وبحلول منتصف القرن السادس عشر، كانت تلك الطفرة التعدينية قد انتهت — بسبب نضوب المناجم الأوروبية، وكذلك بسبب تدفق معادن «العالم الجديد» التي خفضت أسعار المعادن — مما جعل تشغيل المناجم الأوروبية أقل إدرارًا للربح.

ولقد شجعت الإمكانات المتوقعة للعالم الجديد على حدوث تطورات في علم رسم الخرائط، وفي الملاحة البحرية. كانت الخرائط الملاحية في أواخر العصور الوسطى تحدد فقط الخطوط الساحلية مغطاة بأشكال دائرية تمثل اتجاهات البوصلة من نقاط معينة. كانت تلك الخرائط مفيدة للرحلات القصيرة نسبيًّا في البحر المتوسط، أو على

طول الخطوط الساحلية، لكنها لم تكن كذلك فيما يتعلق بتقديم منظور جغرافي، أو في الإبحار عبر المحيطات. وقد وصف الكتاب الذي ألَّفه بطليموس في القرن الثاني بعنوان «الجغرافيا» — والذي أعيد اكتشافه في القرن الخامس عشر — استخدام شبكة من الخطوط الطولية والعرضية (وهي من الشرق للغرب، ومن الشمال للجنوب على الترتيب) لرسم الخرائط. وقد تبنَّى رسامو الخرائط في أواخر القرن الخامس عشر — أمثال فالدسيمولر — هذا الأسلوب، مع استخدام خطوط عرض وطول منحنية تتلاقى قرب القطبين. عمَّم رسام الخرائط الفلمنكي جيراردوس ميركاتور (١٥١٢–١٥٩٤) إسقاط ميركاتور المعروف الآن؛ حيث تتقاطع خطوط الطول المتوازية مع دوائر العرض المستقيمة بزوايا متعامدة. ومع أن هذه الطريقة — التي تتضمن إسقاط الأرض الكروية على خريطة مسطحة — تُشوِّه اليابسة عند دوائر العرض العليا، فإنها كانت أسهل فيما يتعلق بالإبحار (على الأقل عند دوائر العرض السفلى)، وكانت المفضلة لدى المختصين بوصف العالم والملاحين الإسبان.

استُخدمت البوصلة والربعية — وهما أداتان لتحديد الاتجاهات ودوائر العرض على الترتيب — في الملاحة منذ العصور الوسطى، لكن لم تكن توجد حينئذ طريقة جديرة بالثقة لتحديد خطوط الطول، ولم يكن هذا القصور مشكلة خطيرة حين كانت السفن تمكث في المياه الأوروبية، أو تبقى على مرأى من اليابسة، لكن عبور المحيطات كان مغامرة محفوفة بالمخاطر دون وجود قياسات دقيقة لخطوط الطول. ولأن تحديد موقع ما يحتاج لكل من دوائر العرض وخطوط الطول؛ فإن غياب خطوط الطول سبَّب مشكلة كبيرة لرسَّامي الخرائط وللملَّاحين، حتى إن التوصل إلى طريقة لتحديدها أصبح أكثر المشكلات التكنولوجية إلحاحًا في تلك الفترة. عرضت الدول المتنافسة على السفر بحرًا — إسبانيا، وهولندا، وفرنسا، وإنجلترا — تقديم جوائز قيمة لكل من يتمكن من ابتكار طريقة يمكن الاعتماد عليها.

معرفة الوقت هي المفتاح لخطوط الطول؛ فكل ساعة من الفرق في التوقيت المحلي بين مكانين يُترجَم إلى خمس عشرة درجة على خط الطول (ومن ثم فإن أي «منطقة زمنية» حديثة تساوي خمس عشرة درجة تقريبًا)، لكن كيف يمكن معرفة التوقيت في موضعين متباعدين في وقت واحد؟ يمكن للمرء أن يأخذ معه ساعة عند مكان إقلاع السفينة الأصلي، ثم يقارن قراءتها مع الوقت في موقع السفينة الذي يتحدد بمراقبة الشمس أو النجوم. ومما يؤسف له أن الساعات في الفترة الحديثة المبكرة لم تكن جديرة

بالاعتماد عليها لمدة عشرين دقيقة في اليوم، ثم جاءت ملاحظة جاليليو بأن البندولات تدق بمعدل ثابت بغض النظر عن مدى تأرجحها، فأوحى له ذلك باختراع منظِّم جديد لمراقبة الوقت؛ فبدأ بتصميم ساعة يضبطها بندول بينما كان قيد الإقامة الجبرية في منزله، لكنه لم ينتهِ من تصميمها قط. الهولندي كريستيان هويجنز هو من صنع أول ساعة بندول عام ١٦٥٦، مما أحدث قفزة هائلة في درجة الموثوقية، على الأقل فيما يخص الساعات التي تعمل على اليابسة، بينما لم تكن ساعات البندول تعمل بدقة في السفن المتأرجحة. وبعد ذلك، أجرى هويجنز وروبرت هوك — كلٌّ على حدة — تجارب على الساعات المزودة بزنبرك، لكن تلك الساعات أيضًا لم تكن دقيقة بالقدر الكافي على متن السفن. ومع ذلك، أدت دراسة هوك لحركة الزنبرك إلى إعلانه العلاقة بين تمدد الزنبرك وقوته، والمعروفة اليوم باسم «قانون هوك»، مثلما أدى عمل هويجنز إلى إدخال تحسينات على قوانين الحركة التوافقية البسيطة (وأما مشكلة خطوط الطول نفسها، فلم تُحَلَّ إلا في القرن الثامن عشر باستخدام كرونومترات مبتكرة اخترعها صانع الأدوات الإنجليزي، جون هاريسون، وكان بوسعها الحفاظ على دقة الوقت حتى في البحار).

كان البديل للساعة الصناعية ساعة سماوية؛ أيْ حدث فلكي يمكن حساب وقت حدوثه عند موقع مرجعي، ثم مقارنته بالتوقيت المحلي لهذا الحدث في موقع المراقِب. وقد نجح مختصو وصف الكون الإسبان، في القرن السادس عشر، في استخدام المشاهدات المتسقة لخسوف القمر في تحديد خطوط الطول للمستوطنات في الإمبراطورية الإسبانية. ولكن حالات خسوف القمر نادرة للغاية فيما يتعلق بالملاحة، غير أن أقمار كوكب المشتري الأربعة تتعرض لظاهرة الخسوف بمعدل أكثر تكرارًا — فالقمر «آيو» الأقرب للكوكب يحدث له خسوف كل اثنتين وأربعين ساعة — فاقترح جاليليو استخدامها في مراقبة الوقت. وقد تمعَّن الفلكي جيان دومينيكو كاسيني (١٦٢٥–١٧١٢) في دراسة هذه الفكرة، وفي الستينيات من القرن السابع عشر جمَّع جداول زمنية لتلك الخسوفات. لكن مرة أخرى، رغم عمل هذا النظام جيدًا على اليابسة — إذ استُخدم بنجاح في تصحيح الخرائط البرية — فإن رصد ظواهر الخسوف باستخدام التليسكوبات من سفينة متحركة لم يكن ممكنًا. ومع ذلك، وأثناء دراسة الفكرة، لاحظ بعض المراقبين أن بعض الخسوفات تحدث بعد الوقت المتوقع بعدة دقائق. لمَّا أدرك الفيلسوف الطبيعي الدنماركي، أوول رومر (١٦٤٤–١٧١٠)، أن هذا التفاوت يكون في أقصى درجاته حين يكون كوكب المشتري أبعد ما يمكن عن الأرض؛ فإنه افترض عام ١٦٧٦ أن للضوء

سرعة محددة — إذ كان التأخير الظاهري للخسوف بسبب زمن انتقال الضوء عبر الفضاء — وتوصل إلى قياس تقريبي لها.

تشير هذه الأمثلة القليلة إلى الترابط الذي لم تكن تنفصم عراه بين التطبيق التكنولوجي والاكتشاف العلمي؛ فكلاهما يؤثر في الآخر ويتأثر به. أما فكرة العلوم «البحتة» مقابل العلوم «التطبيقية» فلم تكن موجودة في القرن السابع عشر، إن كان لها وجود من الأساس. والتقليل من أهمية الاحتياجات العملية — سواء العسكرية أو الاقتصادية أو الصناعية أو الطبية أو الاجتماعية السياسية — بوصفها القوة الدافعة وراء تطورات الثورة العلمية سيعطينا تصورًا زائفًا وخاطئًا لما حدث في الواقع.

ربما تكون العلاقة بين الاكتشاف العلمي والتطبيق العملي أكثر ارتباطًا بالفيلسوف الإنجليزي سير فرانسيس بيكون (١٥٦١–١٦٢٦). ولأن بيكون قد وُلد لأسرة مرموقة، ودرس المحاماة، ورشِّح للبرلمان، ونال لقب «لورد فيرولام»، وأخيرًا أسنِد إليه منصب «رئيس مجلس اللوردات» (الذي طُرِد منه بسبب تهم الرشوة)؛ فإنه عاش معظم حياته في أروقة السلطة. من ثم، لم يكن أمر السلطة وبناء إمبراطورية بعيدين عن تفكيره. أكد على أن المعرفة الفلسفية الطبيعية ينبغي «استغلالها»؛ فهي تعِد بالنفوذ الذي يخدم البشرية والدولة. نعت الفلسفة الطبيعية في عصره بأنها غير ذات جدوى، وقال إن مناهجها وأهدافها مضلِّلة، وممارسيها مشغولون بالكلام على حساب العمل. وحقيقة الأمر أنه رغم تعبير بيكون عن تشككه في الأسس الميتافيزيقية للسحر الطبيعي في عصره، فإنه أثنى على السحر؛ لأنه «يقترح استعادة الفلسفة الطبيعية من التنظير إلى الفعل». ينبغي أن تكون الفلسفة الطبيعية «عاملة» لا «تفكرية»؛ بمعنى أنها تفعل الأشياء، وتصنع الأشياء، وتمنح البشر الهيمنة. واعتبر أن الطباعة والبوصلة والبارود — وكلها إنجازات تكنولوجية — هي القوى الأكثر تحويلية في تاريخ البشرية. ونتيجةً لهذا، نادى بيكون بضرورة «إعادة بناء شامل للعلوم والفنون وجميع المعارف الإنسانية».

لا غنى عن علم المنهج في عملية الإصلاح التي ينشدها بيكون. وقد نادى بتجميع «التواريخ الطبيعية» — مجموعات هائلة من ملاحظات الظواهر سواء التي تحدث تلقائيًّا أو تحدث نتيجة للتجارب البشرية — وهو ما أسماه إرغام الطبيعة على ترك مسارها المعتاد. فبعد تجميع ما يكفي من المواد الخام، يمكن أن يركِّبها الفلاسفة الطبيعيون معًا لصياغة مبادئ عالمية عن طريق عملية الاستقراء. تكمن الفكرة في تجنُّب التنظير المسبق، والاستغراق الزائد في التفكير، وبناء أنظمة تفسيرية كبرى. وما إن يُكشَف اللثام

عن مبادئ الطبيعة الأكثر عمومية، ينبغي استخدامها استخدامًا مثمرًا. إلا أن بيكون لم يكن ينادي بالنفعية المطلقة؛ فالتجارب ليست مفيدة عندما تؤتي ثمارًا فحسب (التطبيق العملي)، بل عندما تنير العقل أيضًا؛ فالمعرفة الحقيقية بالطبيعة أفادت في إظهار «عظمة الخالق، وتخفيف تَرِكة البشر». ومع أن بيكون قد أوضح أن أحد أهداف مشروعه هو تمكين بريطانيا وبسط سلطانها — وإن كان الملكة إليزابيث الأولى وجيمس الأول لم يستجيبا لمطالبه بدعم الدولة لأفكاره الإصلاحية — فقد رأى، على صعيد أعم، أن هدف هذه المعرفة العملية استعادة النفوذ والهيمنة البشرية على الطبيعة الممنوحة من الرب، حسبما ورد في «سِفر التكوين»، والتي فُقدت مع «سقوط آدم».

جدير بالذكر أن بيكون لم يضع نصب عينيه مناهج الفلسفة الطبيعية وأهدافها فحسب، بل اهتم أيضًا ببنيتها المؤسسية والاجتماعية، وأكد على أنه لا بد من استبدال نشاط تعاوني جماعي بالمُثُل القديمة الخاصة بالدراسة المنعزلة. وواقع الأمر أن برنامجه الخاص بجمع الحقائق يتطلب جهودًا هائلة. ومع أنه بدأ عملية الجمع هذه بنفسه، فإنه لم ينجز إلا القليل. وقبيل وفاته، طرح رؤيته عن الفلسفة الطبيعية المقوَّمة والمجتمع المعدَّل الذي قد يتمخض عنها في كتاب أسطورة يوتوبية بعنوان «أطلانتس الجديدة» (١٦٢٦). تصف الرواية جزيرة «بنساليم»، وهي مملكة مسيحية مسالمة، متسامحة، ومكتفية ذاتيًّا، تقع في المحيط الهادئ. السعادة التي تعم الجزيرة ليست بسبب مَلِكها الحكيم فحسب، بل ترجع أكثر إلى العمل الذي يقوم به «بيت سليمان»، وهو مؤسسة تديرها الدولة لدراسة الطبيعة شُغلُها الشاغل «معرفة أسباب الأشياء وتحركاتها السرية، وتوسيع نطاق الإمبراطورية البشرية بالتأثير على كل ما يمكن التأثير عليه من أشياء.» يدرس أعضاء «بيت سليمان» الطبيعة دراسة جماعية، وإن كانت لا تخلو من تقسيم العمل والترتيب الطبقي؛ فالمستويات الدنيا تجمع المواد، والمستويات الوسطى تجري الاختبارات وتشرف، والمستويات العليا تفسِّر. في «بنساليم» يشكل الفلاسفة الطبيعيون الذين يسيرون على درب بيكون طبقة اجتماعية ذات حظوة تدعمها الحكومة، وتقوم هي على خدمة الدولة والمجتمع. وقد كانت أفكار بيكون مصدر إلهام لكثير من الفلاسفة الطبيعيين في القرن السابع عشر في أنحاء أوروبا وهم يتباحثون بشأن أوضاعهم المتغيرة داخل المجتمع.

ظهور الجمعيات العلمية

في يومنا هذا، يُجرى البحث العلمي في مواقع كثيرة يحمل بعضها شبهًا ببعض الملامح التي يتميز بها «بيت سليمان»؛ فالعلماء يعملون في الجامعات، وفي المعامل الحكومية والصناعية والمستقلة، وفي مواقع بها أجهزة ضخمة وفريدة من نوعها (مثل التليسكوبات ومعجِّلات الجسيمات)، وفي الميادين أو محطات الأبحاث والمخافر، وفي حدائق الحيوان والمتاحف وغيرها. يرتبط العلماء الأفراد معًا في مجموعات اجتماعية عن طريق المنظمات المهنية، والجمعيات والأكاديميات العلمية، وفرق البحث، والمراسلة، وحديثًا عن طريق الإنترنت. إضافة إلى ذلك فإن تمويل البحث العلمي يأتي من المنح البحثية الحكومية، وأقسام البحث والتطوير في الشركات والجامعات والمؤسسات الخيرية الخاصة. وتعتبر هذه الملامح الثلاثة — المكان المادي، والمكانة الاجتماعية، والرعاية — أمورًا ضرورية لعمل العلم الحديث. وقد كان إرساء هذه الملامح أثناء الثورة العلمية ضروريًّا لبناء عالم العلوم الذي نعرفه اليوم. وعلى مدار القرن السابع عشر وحتى القرن الثامن عشر كان عمل الفلاسفة الطبيعيين يتخذ طابعًا رسميًّا يتزايد يومًا بعد يوم. تجمَّع الأفراد معًا في هيئات خاصة تطورت بدورها إلى أكاديميات قومية للعلوم. تطور تبادل المعلومات بين الأفراد من المراسلة إلى المجلات المطبوعة، وانضم إلى الفلاسفة الطبيعيين الهواةِ الذين يموِّلون أنفسهم والجامعيين أفرادٌ محترفون يتقاضون رواتب ثابتة.

أثناء أواخر العصور الوسطى، كان البحث الفلسفي الطبيعي يحدث في الغالب في الجامعات والأديرة، وأيضًا — إلى حدٍ أقل بكثير — في قلة من قصور الأمراء. احتفظت بؤر النشاط التقليدية هذه بأهميتها أثناء القرنين السادس عشر والسابع عشر، وإن كانت قد أُلحقت بمواقع جديدة. وكان من الضروري للحركة الإنسانية في عصر النهضة تأسيس دوائر دراسية مثقفة خارج إطار الجامعات. داخل تلك الدوائر، يشارك الدارسون أعمالهم مع أفراد لديهم نفس الميول، بينما يتلقون الدعم والتقدير والنقد، فضلًا عن الرعاية المادية أحيانًا. وهذه الجماعات المبكرة كانت في الأغلب أدبية أو فلسفية الطابع، لكن في أواخر القرن السادس عشر، وسَّع الفلاسفة الطبيعيون نطاق نموذجهم لتظهر أولى الجمعيات العلمية. قامت أولى تلك الجمعيات في إيطاليا، حيث أُسِّس العشرات منها في القرن السابع عشر — أكثر من أي مكان آخر في أوروبا — لكن بقي أغلبها محليًّا وقصير الأمد.

من أوائل تلك الجمعيات: أكاديمية «دي لينشي» (Accademia dei Lincei أو بالإنجليزية Academy of Lynxes). تعني كلمة lynx حيوان الوشق أو السنور البري، ويشير هذا الاسم إلى الطبيعة الرمزية لهذا الحيوان بوصفه حاد البصر وحاد الملاحظة. تأسست الأكاديمية في روما عام ١٦٠٣ على يد الأمير فيديريكو تشيزي — الذي كان وقتئذ نبيلًا رومانيًّا عمره ١٨ عامًا — ومعه ثلاثة رفاق، واستمرت تعمل لمدة ٣٠ سنة. وقد أسس تشيزي الأكاديمية على أساس اعتقاده بأن استكشاف الطبيعة شأن معقد ومرهق يتطلب جهدًا جماعيًّا. ولم تضم الأكاديمية قط إلا عددًا قليلًا من العلماء، لكن كان منهم مؤيد السحر الطبيعي جيامباتيستا ديلا بورتا، وجاليليو، وجوهان شريك، الذي صار فيما بعد مبشِّرًا يسوعيًّا أدخل المعرفة العلمية الأوروبية إلى الصين. أجرى أعضاء الأكاديمية مشروعات في جميع فروع الفلسفة الطبيعية؛ كلٌّ على حدة غالبًا، وأحيانًا بشكل جماعي، مثل محاولتهم التي استمرت طويلًا لنشر كتاب «خزانة الأدوية من إسبانيا الجديدة» (١٦٥١) المؤلَّف من مخطوطات بعثة فرانشيسكو هيرنانديز إلى المكسيك، التي جُلبت إلى إيطاليا من إسبانيا. أيضًا شجعوا المناهج الكيميائية الجديدة المتعلقة بالطب، وأيدوا عمل جاليليو (إذ نُشر كتاب «خطابات عن البقع الشمسية» عام ١٦١٣، وكتاب «الفاحص» عام ١٦٢٣ تحت رعاية الأكاديمية)، وأجروا دراسات باستخدام المجهر، إلا أن وفاة تشيزي المبكرة عام ١٦٣٠ حرمت الأكاديمية من رائدها وراعيها، وعجَّلت بتداعيها.

عام ١٦٥٧، تأسست أكاديمية «دل سيمنتو» (ومعناها بالإيطالية أكاديمية التجريب) في بلاط مديتشي بمدينة فلورنسا، ويرجع معظم الفضل في هذا إلى الاهتمامات الشخصية للأمير ليوبولدو دي مديتشي بالفلسفة الطبيعية. يلخص شعار الأكاديمية «بالاختبار وإعادة الاختبار» تركيز أعضائها على إجراء التجارب. وقد أتاح بلاط مديتشي موقعًا مركزيًّا للدراسة الجماعية، وهو أمر كانت أكاديمية «دي لينشي» تفتقر إليه، بينما أتاحت رعاية مديتشي التمويل اللازم لاستمرار الأكاديمية. كان الكثير من أعضائها أتباعًا لجاليليو، وواصلت المجموعة العديد من مناهجه ومشروعاته البحثية. ومع ذلك، عمل أعضاء تلك الأكاديمية الفلورنسية في جميع المجالات العلمية بدءًا من علم التشريح وعلوم الحياة إلى الرياضيات وعلم الفلك، وأولت اهتمامًا خاصًّا للدراسات والتحسينات المتعلقة بالأجهزة والأدوات الجديدة؛ مثل البارومتر والترمومتر، التي شارك فيها ليوبولدو نفسه. كانت أبحاث ريدي ومالبيجي وبوريللي وكثيرين من مشاهير الفلاسفة الطبيعيين

الإيطاليين تُجرى داخل أكاديمية «دل سيمنتو». أدت الخلافات بين أعضاء الأكاديمية، ورحيل عدد من نجومها اللامعين، وتنصيب ليوبولدو كاردينالًا — مما تطلب منه قضاء مزيد من الوقت في روما — إلى إغلاق الأكاديمية عام ١٦٦٧. وطوال هذه السنوات العشر، أسست الأكاديمية أوضح مثال لهيئة طوعية من الفلاسفة الطبيعيين الذين كرسوا أنفسهم بشكل جماعي للاستقصاء التجريبي للطبيعة.

في منتصف القرن، انتشرت الجمعيات العلمية شمالي جبال الألب؛ ففي عام ١٦٥٢ كوَّن أربعة أطباء في ألمانيا ما أسموها «أكاديمية محبي الاطلاع على الطبيعة»، وخلال السنوات المبكرة من عمر الأكاديمية، انصبَّ تركيزها على المجالين الطبي والكيميائي. أوضحت لائحة الأكاديمية — التي نشرت عام ١٦٦٢ — أن أهدافها «تمجيد الرب، والتثقيف بفن المداواة، وما ينتج عن هذا من فوائد لصالح البشر.» نمت الأكاديمية سريعًا، ورغم أن أعضاءها عاشوا متفرقين في الأراضي المتحدثة بالألمانية، ومن ثم لم يكن يتيسر لهم الاجتماع بانتظام كهيئة واحدة، فقد عملت على الربط بينهم افتراضيًّا، خاصةً أثناء النشر السنوي (بدءًا من عام ١٦٧٢) لعدد من الأبحاث المُجمَّعة التي يقدمها أفرادها. وفي عام ١٦٧٧ منحها الإمبراطور الروماني ليوبولد الأول اعترافًا رسميًّا. اتسع نطاق هذه المؤسسة لتشمل فروعًا أخرى غير العلوم الطبية وعلوم الحياة في السنوات التالية، وأخيرًا تطورت حتى أصبحت «الأكاديمية القومية الألمانية للعلوم» القائمة حتى يومنا هذا.

في جامعة أكسفورد في العقد الخامس من القرن السابع عشر، بدأت مجموعة تعرف باسم «نادي الفلسفة التجريبية» اجتماعها في كلية وادَم لمناقشة الفلسفة الطبيعية، ولإجراء التجارب على الأدوات الميكانيكية، ومراقبة عمليات التشريح. كان كريستوفر رين وروبرت هوك من أوائل الأعضاء، ثم لحق بهم روبرت بويل وغيره من الشخصيات المرموقة في إنجلترا في منتصف ذلك القرن. وبعد استعادة تشارلز الثاني لعرشه عام ١٦٦٠، اشترك عدد من أعضاء النادي مع آخرين لوضع لائحة لمؤسسة ذات طابع أكثر رسمية، وتلقوا امتيازًا ملكيًّا عام ١٦٦٢ تحت مسمى «الجمعية الملكية في لندن لتطوير المعرفة الطبيعية». وتمثل «الجمعية الملكية» — التي لا تزال قائمة حتى يومنا هذا — مرحلة جديدة في تطور الجمعيات العلمية. وشأنها شأن أكاديمية «سيمنتو» (التي كانت على اتصال بها)، كان الأداء الجماعي محوريًّا، وإن كان يُنظر إلى «الجمعية الملكية» على أنها منظمة أكبر وأكثر رسمية. سرعان ما انتُخب أكثر من ٢٠٠ زميل، وإن كانت معظم

الاختيارات بين النبلاء الإنجليز تعكس تفكيرًا تواقًا يهتم بالإسهامات المالية أكثر من الفكرية. وضعت «الجمعية الملكية» — التي كان واضحًا اتخاذها من بيكون وتوجيهاته مثالًا يُحتذى — تصوُّرًا لأهداف عامة واجتماعية خاصًّا بها. والواقع أنه يمكن اعتبار «الجمعية الملكية» محاولة لتجسيد «بيت سليمان»؛ فالعديد من الزملاء الأوائل لتلك الجمعية اشتركوا في مشروعات يوتوبية وتعليمية في سنوات الحرب الأهلية، وأدخلوا تلك الأهداف إلى الجمعية. أيضًا حرصوا على تجنب الارتباطات المذهبية والسياسية، آملين في العثور داخل الفلسفة الطبيعية على أساس للاتفاق يمكن أن يتغلب على تحزُّبات سنوات الحرب الأهلية التي انتهت لتوِّها.

كان زملاء الجمعية الملكية يعقدون اجتماعات منتظمة في كلية جريشام في لندن؛ حيث كانت تُجرى التجارب، وتقدَّم النتائج والملاحظات الجديدة، وكان كل الفلاسفة الطبيعيين المرموقين في بريطانيا في تلك الآونة (وما بعدها) زملاء بها. ولم تلبث العضوية أن تجاوزت حدود بريطانيا، وصار انتخاب المرء زميلًا بها — كما هو الحال اليوم — مدعاةً للوجاهة. ولعل أهم ابتكار يرتبط بسنواتها الأولى هو تأسيس سكرتير الجمعية: هنري أولدنبرج أول مجلة علمية عام ١٦٦٥ بعنوان «المعاملات الفلسفية». بدأت تلك المجلة بالجهود الشخصية لأولدنبرج — الذي كان يأمل عبثًا في أن يكسب عيشه من اشتراكات المجلة — ولكن لم تلبث أن ارتبطت فكريًّا بالجمعية الملكية، وإن كان ارتباطها الرسمي لم يحدث إلا فيما بعدُ. احتفظ أولدنبرج بشبكة مراسلات هائلة (حتى إنه سُجن مرة بسبب ذلك في برج لندن بتهمة التجسس)، ومن ثم كان بإمكانه أن يبعث تقارير عن المستجدات العلمية في أنحاء أوروبا. ولم تكتفِ المجلة بنشر أنشطة الجمعية الملكية، بل نشرت أيضًا تقارير ورسائل علمية من الخارج، فضلًا عن القراءات النقدية للكتب. ومع أن النشر كان بالإنجليزية في الأغلب، فقد صارت المجلة أداة مهمة للحياة العلمية الأوروبية بوصفها منبرًا لنشر الملاحظات، وإعلان النتائج، وتأكيد الأسبقية، وعرض وجهات النظر المتباينة. نُشرت فيها أبحاث نيوتن عن الضوء، والبصريات، وتليسكوبه الجديد، وكذلك ملاحظات فان ليفينهوك المجهرية المرسَلة بالبريد من هولندا، ودراسات مالبيجي التشريحية المرسَلة من إيطاليا. أيضًا تنافست النقاشات الخاصة بالمذنبات مع التقارير الخاصة بحالات الولادة المشوهة على إيجاد مكان لها على صفحات المجلة، وظهرت موضوعات أخرى كلما جدَّ لبويل جديد موجز نسبيًّا.

ورغم طموح «الجمعية الملكية»، فإنها عانت من المشكلات المعتاد ظهورها في الجمعيات العلمية الأولى؛ مثل فقدان الأعضاء البارزين، والصعوبات المالية، والافتقار

إلى الرعاية. ونتيجةً لهذا باء الكثير من مشروعاتها الكبرى بالفشل. كان غالبية الزملاء غير فاعلين، وقلما كانوا يسددون الرسوم المطلوبة منهم، أو كانوا لا يسددون شيئًا منها، وكانت صفة «مَلَكية» هي هبة الملك الوحيدة للجمعية. تعثَّر مشروع بيكون لتحسين التجارة بسبب عدم رغبة التجار المفهومة في تبادل خبراتهم الشخصية. ولم تكن الاستجابة الإنجليزية خارج الدوائر الفلسفية الطبيعية أفضل من ذلك؛ إذ تعرضت الجمعية وزملاؤها وأنشطتها للسخرية اللاذعة على خشبة المسرح في مسرحية «المبدِع» لتوماس شادويل (١٦٧٦)، وأيضًا تعرضت مزاعمها بتحقيق المنفعة العامة إلى المحاكاة التهكمية اللاذعة في قصة «رحلة إلى لابوتا» ضمن المجموعة القصصية لجوناثان سويفت بعنوان «رحلات جاليفر» (١٧٢٦). أسفرت وفاة أولدنبرج عن توقف مجلة «المعاملات الفلسفية» فترة من الوقت، ثم جاءت وفاة بويل عام ١٦٩١ لتفقد الجمعية أنشط زملائها وأكثرهم عطاءً. أصبح نيوتن — الذي كان زميلًا للجمعية منذ عام ١٦٧٢ — رئيسًا لها عام ١٧٠٣؛ إذ كان يعتبر في تلك الآونة أبرز الفلاسفة الطبيعيين في إنجلترا. وبفضل مكانته المرموقة بثت حياة جديدة في أوصال تلك الجمعية، لكن ميله لتفضيل الأعمال التي تروج لأعماله الشخصية قلَّص النطاق الواسع الذي كانت تدور فيه أنشطة الجمعية في السابق. ومع ذلك، صارت الجمعية مستقرة بحلول منتصف القرن الثامن عشر، واستمرت هكذا منذ ذلك الحين.

على عكس «الجمعية الملكية» التي تأسست من القاعدة إلى القمة، تأسست «أكاديمية العلوم الملكية الباريسية» من القمة إلى القاعدة. كانت الجمعية الباريسية واحدة من بنات أفكار جان بابتيست كولبير (١٦١٨–١٦٨٣)، وزير المالية لدى الملك لويس الرابع عشر. أراد كولبير إضفاء المجد إلى الملك لويس الرابع عشر بوصفه راعيًا للفنون والعلوم، وأيضًا تحقيق مركزية النشاط العلمي بأساليب تخدم الدولة، وهو جزء من السياسة المركزية الأعم التي ميَّزت فرنسا أثناء حكم لويس الرابع عشر الذي استمر طويلًا. عقدت الأكاديمية أول اجتماعاتها عام ١٦٦٦ بحضور عشرين أكاديميًّا يرأسهم كريستيان هويجنز الذي انتُدب من هولندا. كانوا يجتمعون مرتين أسبوعيًّا في «مكتبة الملك»، وكان يُفترض بهم أداء عمل جماعي (وهو ما لم يكن يجري بسلاسة في كل الأحوال)، وكانوا يتلقون راتبًا محددًا ودعمًا للأبحاث. ومن هذا نجد أن الفرنسيين تفهَّموا وجهة نظر بيكون بشكل أفضل بكثير مما فعل بنو جلدته. وفي مقابل ما يتلقاه أعضاء الأكاديمية من تمويل ملكي، كان يُتوقع منهم التوصل إلى حلول علمية لمشكلات الدولة. وليس

من قبيل المصادفة أن يتم انتداب العالِمَيْن الأعلى أجرًا هوينجز وكاسيني إلى فرنسا أثناء عملهما على مشكلة خطوط الطول. اختبر أعضاء الأكاديمية جودة المياه في فرساي وفي كل أنحاء فرنسا، وقيَّموا المشروعات والاختراعات الجديدة، ودرسوا الكتب وبراءات الاختراع، وتوصلوا لحلول للمشكلات التقنية في دار الطباعة الملكية وغيرها من الأماكن، وقاموا بأول مسح دقيق لفرنسا. ويقال إن هذا المشروع الأخير — الذي وجد أن فرنسا أصغر مما كان يُعتقد سابقًا — قد جعل لويس الرابع عشر يتندر قائلًا إن أعضاء أكاديميته نجحوا في تقليص حجم مملكته وهو ما فشل فيه كل أعدائه. ورغم خدمة الدولة، كان أعضاء الأكاديمية يكرسون الكثير من الوقت لدراسات أخرى، لا سيما المشروعات الجماعية المتعددة التي حددوها لأنفسهم، ومنها التواريخ الطبيعية للنباتات والحيوانات التي تتطلب جهودًا مضنية (الشكل ٦-٢).



شكل ٦-٢: عملية تشريح يجريها أعضاء «أكاديمية العلوم الملكية الباريسية». يسجل سكرتير الأكاديمية (جان بابتيست دوهامل) الملاحظات، بينما تناقشها مجموعات من أعضاء الأكاديمية. وتظهر حديقة الملك خارج النافذة. من كتاب «مذكرات لخدمة تاريخ الحيوانات» (لاهاي، ١٧٣١. نُشر في الأساس في باريس، ١٦٧١).[2]

وفرت الرعاية الملكية لأعضاء الأكاديمية أيضًا أماكن للعمل، مثل: معمل كيميائي، أو بستان نباتي، أو مرصد فلكي في ضواحي باريس. أقيم «مرصد باريس» — الذي

اكتمل بناؤه عام ١٦٧٢ — في البداية ليكون مقرًّا للأكاديمية بأكملها، لكنه أصبح قاصرًا على الفلكيين. أقام الفلكي جيان دومينيكو كاسيني — الذي أغواه الراتب الكبير وفرصة التحكم في المرصد الجديد بالابتعاد عن خدمة البابا والاتجاه إلى باريس — في المرصد قبل أن يُستكمَل بناؤه. وقد جعل كاسيني وثلاثة أجيال من خلفائه ذلك المرصد المؤسسة الفلكية الرئيسة في أوروبا. حدَّد خطه المركزي الشمالي-الجنوبي خط الطول الأساسي للكرة الأرضية الذي ظلت تقاس على أساسه خطوط الطول الأخرى على مدى قرنين، إلى أن انتقلت الأهمية عام ١٨٨٤ إلى الخط المار ببلدة جرينيتش (تأسس «المرصد الملكي» في جرينيتش عام ١٦٧٥ — بعد فترة قصيرة من إنشاء «مرصد باريس» — خصيصًا من أجل «التوصل إلى خطوط الطول الخاصة بأماكن معينة من أجل تحسين الملاحة والفلك»). أتاح التمويل الملكي أيضًا الفرصة أمام أكاديمية العلوم الباريسية كي ترسل بعثات علمية للخارج؛ إلى جويانا، ونوفا سكوشا، والدنمارك من أجل المشاهدات الفلكية، واليونان والمشرق من أجل جمع العينات النباتية، وإلى أمريكا الجنوبية ولابلاندا في أوائل القرن الثامن عشر من أجل إجراء الأرصاد والقياسات لاختبار افتراضات ديكارت ونيوتن حول شكل الأرض بالتحديد. وبالمثل جمعت ونشرت أرصادًا أرسلها اليسوعيون من سيام والصين وأماكن أخرى، وأجرت مراسلات واسعة النطاق مع أعضاء «الجمعية الملكية» (حتى حينما كانت فرنسا وإنجلترا في حالة حرب) ومع علماء آخرين في أنحاء أوروبا.

المجموعات العلمية خارج الأكاديميات

كثُرت الأكاديميات العلمية بعد عام ١٧٠٠، فظهرت في بولونيا، وأوبسالا، وبرلين، وسان بطرسبرج، ومراكز إقليمية فرنسية، بل وفي فيلادلفيا في المستعمرات الأمريكية الشمالية، وصارت رموزًا للعزة القومية والإنجاز الوطني، إلا أن تلك الأكاديميات لم تكن سوى وجه واحد للتعبير عن عالم العلوم المتنامي؛ إذ أعقبتها تجمعات اجتماعية غير رسمية، وإن لم تكن أقل منها أهمية؛ ففي باريس تبع إنشاء «الأكاديمية الملكية» صالونات الفلسفة الطبيعية التي كانت تعقد في المنازل أو الأماكن العامة، حيث يجتمع الأشخاص المهتمون بالفلسفة الطبيعية للنقاش والحوار والجدال تحت قيادة أحد المنظمين. ويوضح ظهور تلك الصالونات مدى ما حظيت به تطورات الفلسفة الطبيعية من اهتمام عام، حتى إنها تحولت إلى ظاهرة اجتماعية. وفي لندن، وفَّرت المقاهي الجديدة التي افتُتحت في أواخر

القرن السابع عشر أماكن لفئات مختلفة من الناس من أجل اللقاء ومناقشة القضايا التي تهمهم بما فيها المتعلقة بالفلسفة الطبيعية. دعَّم هذا الاهتمام العام ظهور شخصية العارض في أوائل القرن الثامن عشر، وهي شخصية في جزء منها فيلسوف طبيعي، وفي الآخر ممثل استعراضي يسلِّي ويثقِّف التجمعات العامة (مقابل رسم دخول) باستخدام أدوات غريبة، أو عروض لافتة للنظر.

أقل وضوحًا من الأكاديميات، وإن كانت على نفس الدرجة من الأهمية لتاريخ العلم، تأتي شبكات المراسلة التي كانت تربط بين الأفراد في شبكات من التواصل. تبادل الفلاسفة الطبيعيون سرًّا الخطابات والمخطوطات وكتبهم المطبوعة حديثًا. وقد أتاحت خصوصية الخطابات انتشار الأفكار الجديدة غير المألوفة؛ مما أشاع النقاش في الخفاء، أغلب الأحيان، في أنحاء أوروبا على مدار القرن السابع عشر. وحَّدت «جمهورية الخطابات» (عبارة استخدمها الإنسانيون في عصر النهضة) المستترة هذه المفكرين ذوي الميول المشتركة على اختلاف قومياتهم ولغاتهم وعقائدهم، واختزلت المسافات بينهم. وقد تعزَّز تأسيس شبكات المراسلة بفضل أناس أُطلق عليهم اسم «رجال التحرِّي». هؤلاء كانوا يتلقون الخطابات، وينظمون ويجمعون ما بها من معلومات، ويوزعونها على الأطراف المعنية، ثم يرسلون نماذج استفسار بغرض المتابعة. وكان حجم المراسلات الخاصة بأحد رجال التحري المنشغلين يمكن أن يصل إلى قدر مذهل. فقد أشرف نيكولا كلود فابري دو بريسك (١٥٨٠–١٦٣٧) — الذي شجَّع جاسيندي ونشر أفكار جاليليو في فرنسا — على نحو ٥٠٠ مراسل، وترك وراءه ما يزيد على ١٠ آلاف خطاب. وقد كان أحد مراسليه — وهو الراهب مارين ميرسين (١٥٨٨–١٦٤٨) — يدير بنفسه شبكة مراسلة؛ ففي غرفته الرهبانية في باريس، كان يتلقى المراسلات، وينشر أعمال ديكارت وجاليليو وغيرهم من خلال شبكة تغطي أنحاء أوروبا. وفي إنجلترا، أشرف صامويل هارتليب (نحو عام ١٦٠٠–١٦٦٢) — وهو لاجئ بروسي من حرب الثلاثين عامًا — على شبكة مراسلة تربط بين جميع أجزاء أوروبا البروتستانتية وأمريكا الشمالية، والألفا خطاب التي خلَّفها وراءه ليست سوى جزء صغير للغاية مما كتبه. كان هارتليب مدفوعًا بأفكار يوتوبية ونفعية تهدف لإصلاح التعليم والزراعة والصناعة على النمط البيكوني، لكنه كان مدفوعًا أيضًا بمعتقدات دينية، لا سيما آماله المرتبطة بفكرة العصر الألفي السعيد من أجل إنشاء «جنَّة على الأرض» تكون بروتستانتية في إنجلترا. وقد شملت دائرة عمله أخلاقيين وفلاسفة طبيعيين، ولاهوتيين ومهندسين، وتراوحت مشروعاته ما

بين افتتاح كليات تقنية لتحسين تخمير الجعة. وقد أصبحت الأكاديميات نفسها نقطًا في تلك الشبكة التراسلية. ويمكن النظر إلى المجلات العلمية مثل «المعاملات الفلسفية»، و«مجلة العلماء»، وما تبعها من مجلات حديثة باعتبارها صورًا من هذه الشبكات ذات طابع رسمي ولكن في شكل مطبوع.

وبفضل تأسيس الأكاديميات العلمية، وزيادة أهمية التطبيقات التكنولوجية في القرن السابع عشر، شهدت القرون التالية إضفاءً تدريجيًّا للصبغة الاحترافية على العمل العلمي، والاختفاء التدريجي للفلاسفة الطبيعيين «الهواة». أما الحاجة المتزايدة إلى أشخاص واسعي الاطلاع وأهل للثقة يمكنهم تطبيق مناهج المعرفة العلمية على حل المشكلات العملية، فقد أسفرت عن ظهور نظم تدريسية أكثر رسمية وصرامة في الجامعات؛ وهو ما أدى بدوره إلى توحيد أكبر للأفكار والمناهج. وكانت النتيجة التراكمية لذلك ظهور «العلم» في القرن التاسع عشر بوصفه مهنة، و«العلماء» بوصفهم طبقة اجتماعية ومهنية مميزة، والتنظيم التدريجي من جديد للعالم الحديث المبكر إلى عالم حديث من العلم والتكنولوجيا. كان هذا التحول عملية بطيئة ومعقدة لا يسعنا الحديث عنها في هذا الكتاب؛ فلم تكن المنعطفات على الطريق الذي اختارته الشخصيات التاريخية، والأفكار والاحتياجات التي أثرت على قراراتهم، والأحداث التي ساعدت أو أعاقت أهدافهم واضحةً ولا مقدَّرةً سلفًا. وصحيح أن حقائق العالم الطبيعي قد لا تختلف عن هذا الوضع، غير أن الطرق التي يتخذها البشر للتعبير عنها وصياغتها ونشرها قد تختلف كثيرًا. وقد قادنا الطريق التاريخي المحدد الذي اخترنا أن نسلكه إلى عالم من العلم والتكنولوجيا مليء بالعجائب على نحو قد يصيب أكبر مؤيدي «البراعة الطبيعية» بالذهول، لكنه لم يكن خاليًا من المشكلات، سواء التي لم تُحَلَّ أو التي صنعناها بأيدينا. ومن بين مخزوننا الذي نفخر به من المعرفة الطبيعية لا تزال فكرة «جزيرة بنساليم» الحكيمة المسالمة المنظمة تستعصي على إدراكنا، وإن كانت لم تتوقف قط عن أن تكون مصدر إلهام.

هوامش

(1) Courtesy of the Johns Hopkins University, The Sheridan Libraries, Rare Books and Manuscripts Department.

(2) Collection of the author.

خاتمة

تعبِّر جميع النصوص والأعمال التي وصلتنا من الفلاسفة الطبيعيين في الفترة الحديثة المبكرة عن حماستهم المتقدة نحو الاستكشاف، والاختراع، والحفاظ، والقياس، والجمع، والتنظيم، والتعلم. وقد قوبلت نظرياتهم وتفسيراتهم وأنظمتهم العالمية التي لا حصر لها، والتي تنافست من أجل نيل الاعتراف والقبول بمصائر مختلفة. تشكِّل الكثير من المفاهيم والاكتشافات في الفترة الحديثة المبكرة — مثل فكرة كوبرنيكوس عن مركزية الشمس، واكتشاف هارفي الدورة الدموية، وقانون التربيع العكسي لنيوتن عن الجاذبية — أُسُس فهمنا الحديث للعالم. وهناك بعض الأفكار — مثل مفاهيم المذهب الذري، وتقديرات حجم الكون — خضعت للتحديث والتنقيح بفعل النشاط العلمي التالي، وبعضها الآخر — مثل دوامات ديكارت، أو التفسير الميكانيكي للجذب المغناطيسي — قوبل بالرفض التام.

ولا يزال العلم الحديث يتتبع الكثير من تساؤلات الفلاسفة الطبيعيين في الفترة الحديثة المبكرة، وأهدافهم التي ورثوا بعضها عن العصور الوسطى أو ربما العصور القديمة؛ فعلى خطى جاسيندي وديكارت وفان هيلمونت، لا يزال علماء الفيزياء المعاصرون يبحثون في الدقائق النهائية للمادة كي يفهموا كيفية اتحاد دقائق الكون غير المرئية وتفاعلها من أجل تشكيل العالم. وعلى خطى كبلر وكاسيني وريتشيولي، لا يزال علماء الفلك المعاصرون يفحصون السماء ويرسمونها فيعثرون على أشياء وظواهر جديدة، بفضل استخدام أجهزة تفوق في تنوعها وقوتها الرُّبعيات والتليسكوبات التي استخدمها تيكو أو جاليليو أو هفيليوس. أما المستكشفون في إسبانيا الجديدة، مثل هرنانديز ودا كوستا، فلديهم ورثة من العلماء الذين يواصلون البحث عن أدوية جديدة في النباتات والحيوانات التي تعيش في الغابات والأدغال والصحاري، أو عن صور جديدة

للحياة في أعماق المحيطات المظلمة، وحتى على الكواكب البعيدة. وعلى خطى الأسلاف الباراسيلسوسيين والمؤمنين بتصنيع الذهب من المعادن الرخيصة، يبذل علماء الكيمياء قصارى جهدهم من أجل تعديل المواد الطبيعية وتحسينها، واستحداث مواد جديدة، مُواصِلينَ طموحات بويل في فهم تغير المادة، وطموحات بيكون في تقديم أشياء مفيدة للحياة البشرية. وعلى خطى فيزاليوس ومالبيجي وليفينهوك، يستكشف علماء الأحياء والأطباء المعاصرون أجسام الحيوانات والبشر باستخدام أدوات جديدة، فيُظهرون في أثناء ذلك التراكيب الأكثر دقة وآليات العمل الأكثر إثارة للدهشة؛ فكل جهاز إلكتروني جديد يظهر في الأسواق ينعش ارتباطات التكنولوجيا بالعجائب ومثيرات الدهشة.

إلى جانب روابط الاستمرارية هذه، فإن أشياء كثيرة قد تغيرت أيضًا؛ فلم يعد الحافز الديني والتعبدي القوي الذي دفع الفلاسفة الطبيعيين في الفترة الحديثة المبكرة إلى دراسة «كتاب الطبيعة» — للعثور على الخالق منعكسًا في خلقه للعالم — يقدم قوة دافعة رئيسة للبحث العلمي. وقد فُقِد، بوجه عام، الوعي المستمر بالتاريخ، وبأن البشر جزء من موروث طويل متراكم من البحث في الطبيعة؛ فقليل من العلماء اليوم سيفعلون مثلما فعل كبلر حينما وضع عنوانًا فرعيًّا لكتابه التعليمي عن كوبرنيكوس «تَتِمَّة لأرسطو»، أو يبحثون عن إجابات في النصوص القديمة حيث بحث نيوتن عن سبب الجاذبية. أيضًا تصدَّعت فكرة وجود كون محكم الترابط؛ بسبب الانصراف عن قضايا المعنى والغاية، وبسبب ضيق أفق وجهات النظر والأهداف، وبسبب تفضيل التفسير الحرْفي الذي لا يصلح لفهم أوجه التشبيه والاستعارة التي كانت أساسية للفكر في الفترة الحديثة المبكرة. أما الفيلسوف الطبيعي، ونطاق فكره ونشاطه وتجربته وخبرته الواسعة، فقد حل محله العالِم المهني والمتخصص والتقني؛ وأدى ذلك إلى ظهور نطاق علمي منفصل عن الآفاق الأكثر رحابة للوجود والثقافة البشرية. ومن المستحيل ألا نفكر في أنفسنا على أننا الأفقر؛ لفقداننا النظرة الشاملة التي كانت تميز الحياة في الفترة الحديثة المبكرة، حتى لو اضطررنا للاعتراف بأن التطور العلمي والتكنولوجي الحديث قد أكسَبَنا مستوًى مذهلًا من الثراء المادي والفكري.

لقد كانت الثورة العلمية فترة من الاستمرارية والتغيير معًا، ومن الابتكار والتقليد أيضًا، وكان ممارسو الفلسفة الطبيعية في الفترة الحديثة المبكرة يأتون من كل حدب وصوب في أوروبا، ومن جميع الديانات، ومن جميع الخلفيات الاجتماعية، وتنوعوا ما بين مجددين محرِّكين وتقليديين متحفظين. وقد أسهمت تلك الشخصيات المتفاوتة في

إرساء منظومات من المعرفة، ومنشآت، ومنهجيات تعتبر أساسية لعالم العلوم في يومنا هذا؛ ذلك العالم الذي يمس كل إنسان حي. ربما يكون بإمكاننا اليوم أن نخبر هؤلاء بأشياء كثيرة كانوا يتحرقون شوقًا لمعرفتها، وربما كان باستطاعتهم هم أيضًا أن يخبرونا بأشياء نتحرق شوقًا لسماعها. يبدو لنا عصرهم مألوفًا وغريبًا في وقت واحد، مثل عصرنا، وإن كان مختلفًا اختلافًا لافتًا للنظر؛ فتعقيد الفترة الحديثة المبكرة وفرط حيويتها هما ما يجعلانها أهم فترة في تاريخ العلم بأكمله، وأكثرها تشويقًا.

المراجع

الفصل الأول

Edward Grant, *The Foundations of Modern Science in the Middle Ages* (Cambridge: Cambridge University Press, 1996), p. 174.

الفصل الثاني

Giambattista della Porta, *Natural Magick* (London, 1658; reprint edn. New York: Basic Books, 1957), pp. 1–4.

الفصل الثالث

Nicholas Copernicus, *De revolutionibus* (Nuremberg, 1543), Schönberg's letter, fol. ii*r*; God's artisanship, fol. iii*v*; Osiander's 'preface', fols. i*v*–ii*r* (my translations). A full English translation is Copernicus, *On the Revolutions*, tr. Edward Rosen (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1992).

J. E. McGuire and P. M. Rattansi, 'Newton and the "Pipes of Pan"', *Notes and Records of the Royal Society*, 21 (1966): 108–43, on p. 126.

الفصل الرابع

Athanasius Kircher, *Mundus subterraneus* (Amsterdam, 1665), preface.
Galileo Galilei, *Il Saggiatore* [*The Assayer*], in *The Controversy on the Comets of 1618* (Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 1960), pp. 183–4.

الفصل السادس

The Works of Francis Bacon, ed. James Spedding, Robert L. Ellis, and Douglas D. Heath, 14 vols (London: 1857–74), 4:8, 3:294, 3:164.

قراءات إضافية

There are several good books surveying the Scientific Revolution in greater detail than is possible here. These include Peter Dear, *Revolutionizing the Sciences: European Knowledge and Its Ambitions, 1500–1700,* 2nd edn. (Princeton: Princeton University Press, 2009); John Henry, *The Scientific Revolution and the Origins of Modern Science*, 2nd edn. (Basingstoke: Palgrave, 2002); and Margaret J. Osler, *Reconfiguring the World: Nature, God, and Human Understanding from the Middle Ages to Early Modern Europe* (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2010). The last is especially good in providing technical details of early modern scientific ideas. A useful reference source is Wilbur Applebaum's *Encyclopedia of the Scientific Revolution* (New York: Garland, 2000), full of short, authoritative articles on hundreds of subjects.

الفصل الأول

For the medieval (and ancient) background, see David C. Lindberg, *The Beginnings of Western Science*, 2nd edn. (Chicago: University of Chicago Press, 2007), and for a fascinating account of medieval voyages, see J. R. S. Phillips, *The Medieval Expansion of Europe*, 2nd edn. (Oxford: Clarendon Press, 1998). For Renaissance humanisms, see Anthony Grafton with

April Shelford and Nancy Siraisi, *New Worlds, Ancient Texts: The Power of Tradition and the Shock of Discovery* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1992); and Jill Kraye (ed.), *Cambridge Companion to Renaissance Humanism* (Cambridge: Cambridge University Press, 1999). On other issues in this chapter, see Elizabeth Eisenstein, *The Printing Press as an Agent of Change* (Cambridge: Cambridge University Press, 1979); Peter Marshall, *The Reformation: A Very Short Introduction* (Oxford: Oxford University Press, 2009); and Anthony Pagden, *European Encounters with the New World from the Renaissance to Romanticism* (New Haven: Yale University Press, 1993).

الفصل الثاني

On natural magic and its place in the history of science, see John Henry, 'The Fragmentation of Renaissance Occultism and the Decline of Magic', *History of Science*, 46 (2008): 1–48. On the background to the connected worldview, see Brian Copenhaver 'Natural Magic, Hermetism, and Occultism in Early Modern Science', pp. 261–301 in David C. Lindberg and Robert S. Westman (eds.), *Reappraisals of the Scientific Revolution* (Cambridge: Cambridge University Press, 1990). For an account of various sorts of *magia*, see D. P. Walker, *Spiritual and Demonic Magic: Ficino to Campanella* (University Park, PA: Pennsylvania State University Press, 1995). To correct widely held modern prejudices about the role of religion in science, see the very readable essays in Ronald Numbers (ed.), *Galileo Goes to Jail and Other Myths about Science and Religion* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 2009), and for more in-depth treatments, David C. Lindberg and Ronald L. Numbers (eds.), *God and Nature: Historical Essays on the Encounter Between Christianity and Science* (Berkeley, CA: University of California Press, 1989).

الفصل الثالث

On the major characters discussed in this chapter, see Victor E. Thoren, *The Lord of Uraniborg: A Biography of Tycho Brahe* (Cambridge: Cambridge University Press, 1990); Maurice Finocchiaro (ed.), *The Essential Galileo* (Indianapolis, IN: Hackett, 2008); John Cottingham (ed.), *Cambridge Companion to Descartes* (Cambridge: Cambridge University Press, 1992); Richard S. Westfall, *The Life of Isaac Newton* (Cambridge: Cambridge University Press, 1994). For the best overview of the current understanding of 'Galileo and the Church', see the introduction to Finocchiaro, *The Galileo Affair* (Berkeley, CA: University of California Press, 1989). On astrology, see Anthony Grafton, *Cardano's Cosmos: The World and Works of a Renaissance Astrologer* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1999). For better understanding of astronomical models and theories, see Michael J. Crowe, *Theories of the World: From Antiquity to the Copernican Revolution*, 2nd edn. (New York: Dover, 2001), and visit 'Ancient Planetary Model Animations' at http://people.sc.fsu.edu/~dduke/models.htm; created by Professor David Duke at Florida State University—this site contains outstanding animations of various planetary systems.

الفصل الرابع

For Galileo and motion, see the suggestions for Chapter 3. For other major figures mentioned, see Alan Cutler (for Steno), *The Seashell on Mountaintop* (New York: Penguin, 2003); Paula Findlen (ed.), *Athanasius Kircher: The Last Man Who Knew Everything* (New York: Routledge, 2004); and Michael Hunter, *Robert Boyle: Between God and Science* (New Haven: Yale University Press, 2009). For alchemy and its importance,

see Lawrence M. Principe, *The Secrets of Alchemy* (Chicago: Chicago University Press, 2011) and William R. Newman, *Atoms and Alchemy: Chymistry and the Experimental Origins of the Scientific Revolution* (Chicago: Chicago University Press, 2006). For a useful, but now rather dated, overview of the mechanical philosophy, see the relevant sections in Richard S. Westfall, *The Construction of Modern Science: Mechanisms and Mechanics* (Cambridge: Cambridge University Press, 1971).

الفصل الخامس

Nancy G. Siraisi, *Medieval and Early Renaissance Medicine* (Chicago: University of Chicago Press, 1990) and Roger French, *William Harvey's Natural Philosophy* (Cambridge: Cambridge University Press 1994). On natural history, see William B. Ashworth, 'Natural History and the Emblematic Worldview', in David C. Lindberg and Robert S. Westman (eds.), *Reappraisals of the Scientific Revolution* (Cambridge: Cambridge University Press, 1990), pp. 303–32; and Nicholas Jardine, James A. Secord, and Emma C. Spary (eds.), *The Cultures of Natural History* (Cambridge: Cambridge University Press, 1995). On the Spanish role, see María M. Portuondo, *Secret Science: Spanish Cosmography and the New World* (Chicago: University of Chicago Press, 2009) and Miguel de Asúa and Roger French, *A New World of Animals: Early Modern Europeans on the Creatures of Iberian America* (Burlington, VT: Ashgate, 2005).

الفصل السادس

Pamela O. Long, *Technology, Society, and Culture in Late Medieval and Renaissance Europe*, 1300–1600 (Washington, DC: American Historical Association, 2000); Paolo Rossi, *Philosophy, Technology, and the Arts*

in Early Modern Europe (New York: Harper and Row, 1970); Markku Peltonen (ed.), *Cambridge Companion to Bacon* (Cambridge: Cambridge University Press, 1996); Lisa Jardine, *Ingenious Pursuits: Building the Scientific Revolution* (New York: Anchor Books, 2000); Marco Beretta, Antonio Clericuzio, and Lawrence M. Principe (eds.), *The Accademia del Cimento and its European Context* (Sagamore Beach, MA: Science History Publications, 2009); Alice Stroup, *A Company of Scientists: Botany, Patronage, and Community at the Seventeenth-Century Parisian Royal Academy of Sciences* (Berkeley, CA: University of California Press, 1990).